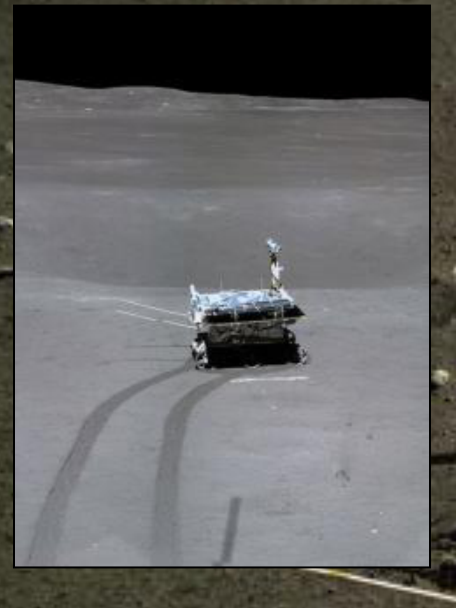


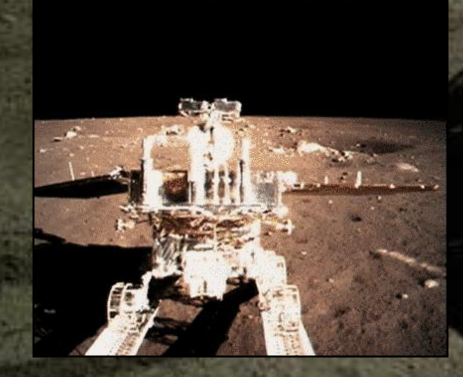


Nº 62 - 2021

Programa de Exploración Lunar Chino (CLEP)







Misiones Chang´e
Lanzamientos
Objetivos
Instrumentos científicos

Estimados lectores

Iniciamos el año 2021, año en que los grandes titulares astronáuticos serán, seguramente, la exploración y en algunos casos descensos en la superficie de la Luna y Marte, y esta vez con una historia que promete asombrarnos, se trata de la serie de sondas espaciales Chang'e del Programa de Exploración Lunar Chino (CLEP) siendo la prueba de cómo China, de una manera prolífica, se ha e insertado dentro de las potencias espaciales mas importantes del mundo y con un objetivo máximo, que es el envío de taikonautas al suelo selenita hacia 2030, aquí un compilado de todas las naves Chang´e enviadas a la Luna hasta hoy, disfruten de su lectura.

Muchas gracias

Biagi Juan

Contacto



https://capsula-espacial.blogspot.com



https://www.instagram.com/capsula_espacial/



r.capsula.espacial@gmail.com

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Portada: **Nave Chang´e 4 y rover Yutu-2 en la superficie de la cara oculta de la Luna (CNSA)**

Contenido

Programa de Exploración Lunar Chino (CLEP)



El Programa de Exploración Lunar Chino (Chinese Lunar Exploration Program - CLEP) está diseñado para llevarse a cabo en cuatro fases de avance tecnológico incremental, la primer fase tenía como objetivo alcanzar la órbita lunar, completada prolíficamente por las misiones Chang'e 1 en 2007 y Chang'e 2 en 2010, la segunda fase correspondiente a alunizar y navegar por el suelo selenita, fue llevado a cabo por las misiones Chang'e 3 en el lado visible de la Luna en 2013 y Chang'e 4 en su cara oculta en 2019, la tercer fase fue recolectar muestras lunares y regresarlas a la Tierra, tarea que llevó a cabo la misión Chang'e 5 en 2020 y será el principal objetivo de la misión Chang'e 6, la cuarta fase consiste en el desarrollo de una estación de investigación robótica cerca del polo S lunar, teniendo como objetivo facilitar un alunizaje tripulado hacia 2030 y posiblemente construir un puesto de avanzada cerca del polo S.

Flown missions 2004-2020					**Flight ready** mission 2020	Missions in **development** 2020-2030		
CE-1	CE-2	CE-3	CE-5T	CE-4	CE-5	CE-6	CE-7	CE-8
2007.10	2010.10	2013.12	2014.10	2018.12	2020	TBD	TBD	TBD
Orbiter	Orbiter	Lander/rover	Relay/lander rover	Relay/lander rover	Sampling return	Sampling return	Lander/station	Lander/station
200-km-high orbit	100-/15-km high orbit	Mare Imbrium	Earth-Moon orbit	Crater Von Kármán	Ocenus Procellarum	South Pole	South Pole	Location??
Global Survey	High-resolution Global survey	Lunar surface survey	High-speed Earth return	Far-side surface survey	Lunar sample	Lunar polar samples	Lunar scientific research	Lunar scientific research

Consideraciones generales para los sitios de alunizaje

El proceso para la selección de los sitios de alunizaje del Programa CLEP, lo constituyen objetivos científicos de la misión que se plantean sobre la base de la experiencia de misiones de exploración exitosas; las limitaciones de ingeniería se proponen de acuerdo con las capacidades técnicas; los datos correspondientes se preparan de acuerdo con las necesidades de las misiones y se formulan los principios para seleccionar un lugar de alunizaje específico, como la ubicación geográfica, las condiciones geológicas y el entorno espacial, de acuerdo con los requisitos de la implementación de seguridad de la misión; según los principios de la selección del lugar, los sitios potenciales se evalúan científicamente, puntúan y clasifican con un modelo de clasificación y finalmente son seleccionadas varias áreas.

Debido a la capacidad de las naves espaciales Chang´e; la ubicación de los lugares de alunizaje no debe exceder el área geográfica donde la nave espacial podría llegar antes de que se consuma el propulsor total o por la capacidad del sistema de lanzamiento; la ubicación de los sitios de alunizaje afecta la elección de la ventana de lanzamiento, y por ese motivo se sugiere una ventana de lanzamiento con una duración de más de 3 días consecutivos; por la telemetría, seguimiento y comando, la ubicación del lugar de alunizaje no debe exceder el área geográfica donde la nave puede comunicarse con la estación terrena (en la misión Chang´e-3, se utilizaron las estaciones terrenas de JiaMusi y KaShi) en la misión Chang´e 4 y misiones posteriores, se añadió una nueva estación terrena situada en Bajada del Agrio, Neuquén, Argentina, que, de esta manera, la nave espacial puede comunicarse con al menos dos estaciones terrenas en algún arco de observación clave por motivos como cambios de órbita, proceso de descenso, etc.

De acuerdo a los requisitos de seguridad de la nave y sus instrumentos científicos, los lugares de alunizaje deben estar dentro del área geográfica que podría proporcionar un entorno seguro para el movimiento del rover (si lleva) y el funcionamiento de los instrumentos; el terreno no debe exceder los 8°, siendo seguro para el alunizaje y los movimientos del rover, una altitud entre 30 y -60° para el acceso a la energía solar y la temperatura del instrumental a bordo.

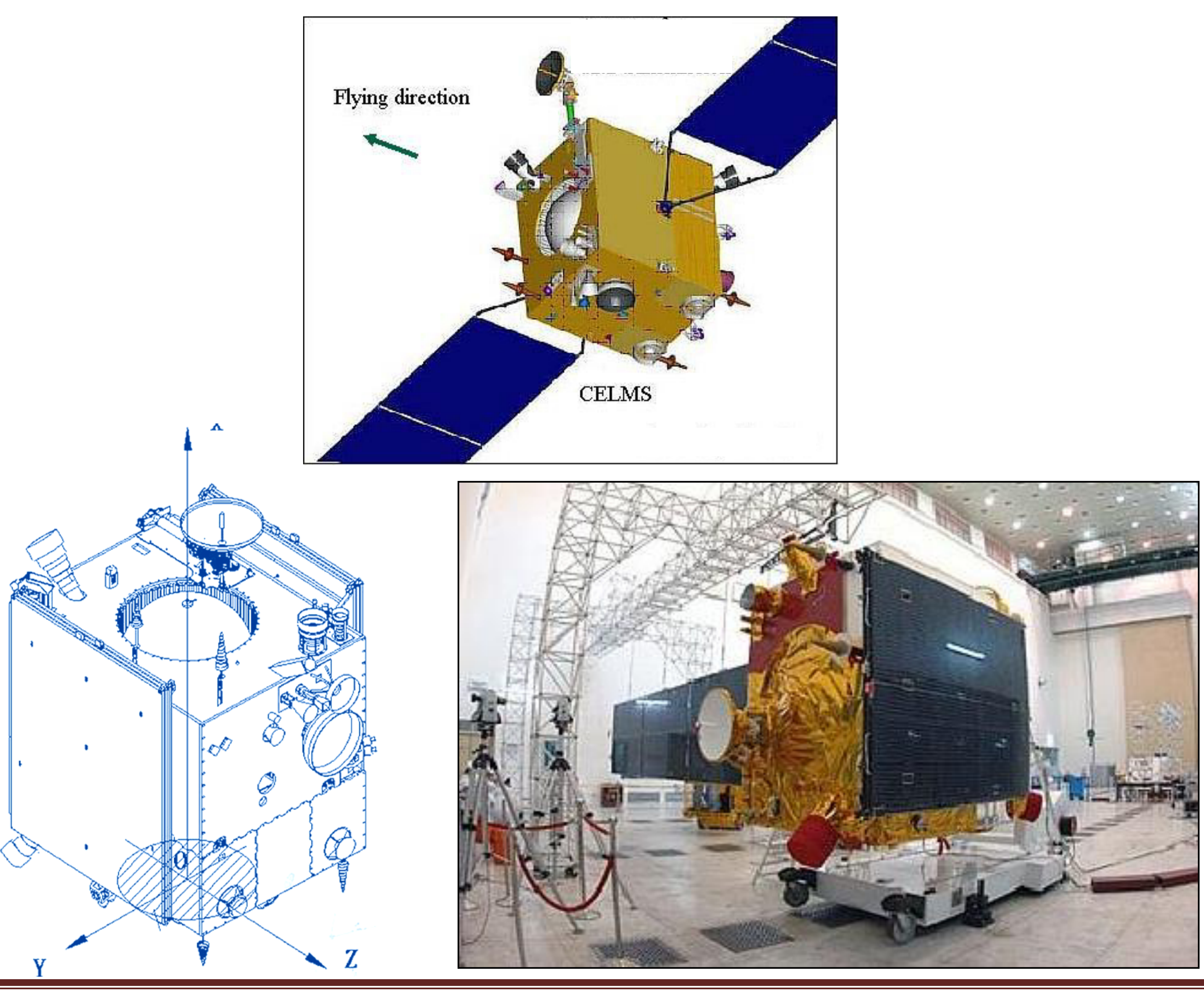
Para garantizar que se puedan lograr los objetivos científicos, es necesario seleccionar áreas de la superficie lunar con objetivos y contenidos de detección en una extensión espacial relativamente pequeña, también requiere que los objetivos científicos planificados puedan alcanzarse mediante la realización de exploración científica en los sitios de alunizaje seleccionados, como el avance de la investigación sobre la estructura geológica de la Luna, el estudio de las propiedades físicas y de composición de las rocas lunares y el suelo, y la realización de investigación de la formación y evolución de la Luna,

Sobre la base de la experiencia internacional en la selección del lugar de aterrizaje, las limitaciones de ingeniería se consideraron desde la perspectiva de si las misiones de alunizaje podían implementarse de manera segura, las principales limitaciones ingenieriles, dado que las condiciones de ingeniería para cada misión son diferentes, las restricciones de ingeniería podrían ampliarse de acuerdo con las necesidades de la misión, principalmente relacionado con la seguridad del alunizaje suave, la rugosidad de la superficie no debe ser demasiado grande para que el consumo de energía del rover sea aceptable, con respecto al control térmico, se debe considerar si la nave espacial puede sobrevivir y detectar a medida que varía la temperatura de la superficie en el área de alunizaje seleccionado; para seguridad de las cargas útiles científicas, deben evitarse aquellas áreas con altas y grandes variaciones de temperatura, la temperatura de la superficie lunar está directamente relacionada con el ángulo de elevación solar; en las misiones lunares de China, se sugiere que sea de 30° a -50°, por lo que no se recomienda una latitud alta que posiblemente excedería el ángulo de elevación solar, también, se calculó que la variación de temperatura será relativamente grande si la latitud es inferior a 30°.



Misión Chang´e 1

La nave Chang'e 1 estaba basada en la serie de satélites de comunicaciones DFH-3 de CAST (estabilización de 3 ejes) con una masa de lanzamiento de 2350 Kg, de los cuales 140 Kg era la carga útil científica, el cuerpo principal utilizaba una estructura en forma de caja con un tamaño de 2,22 x 1,72 m x 2,2 m, utilizando paneles de tipo nido de abeja, constaba de un módulo de propulsión, módulo de servicio, módulo de comunicaciones, antena y paneles solares, llevaba 7 subsistemas, el TCS Subsistema de control térmico, control activo/pasivo, pintura térmica, mantas térmicas multicapa y material aislante, calentador, sensores, tubo de calor y controlador, Navegación y control de guiado (GNC) se estabilizaba en 3 ejes, la detección de actitud era proporcionada por sensores solares, rastreadores de estrellas, giroscopios y sensores UV, subsistema EPS (Suministro de energía eléctrica) y Telecomando, Telemetría y Seguimiento (TT&C) subsistema Manejo de datos a bordo (OBDH) con un subsistema redundante distribuido de dos niveles, CTU (Unidad Terminal Central) 4 RTU (Unidades Terminales Remotas) una TCU (Unidad de Telemando) y un conjunto de SDB (Datos en serie) redundantes, sistema de gestión de datos de carga útil (PDMS) basado en el bus de datos STD-MIL-1553B, constaba de un controlador de bus, registrador de estado sólido, multiplexor de alta velocidad, terminal remoto y distribuidor de potencia de carga útil, llevaba un panel solar de 18 m (22,7 m^2 de área) con una potencia máxima de salida de 1450 W y el uso de una batería NiH de 48Ah de salida, usaba propulsores bi-propulsores con Hidróxido de Metal y N_2O_4, para giro lento, control de actitud y maniobras órbitales.



Los datos científicos y administrativos adquiridos por el PDMS se almacenaban en el registrador de estado sólido (SSR) con una capacidad de almacenamiento de 48 Gb; o en las memorias; los datos almacenados y los datos en tiempo real eran interpolados y encapsulados por el multiplexor de alta velocidad (HRM) para formar una serie de tramas de transferencia de acuerdo con los estándares del Comité Consultivo para Sistemas de Datos Espaciales (CCSDS) y eran transmitidos a la estación terrena mediante transmisores de banda S a una velocidad de 3 Mb/s.

Para proporcionar una navegación precisa para la nave durante su vuelo Tierra-Luna y el vuelo inicial en órbita lunar, el sistema VLBI (Interferometría de Muy Larga Base) de China, diseñado para observaciones astronómicas, y utilizando además, las capacidades de medición de rango de la banda S, con el objetivo de proporcionar una precisión de 100 m en la determinación de la posición durante la órbita lunar.

El sistema de banda S (telemetría, seguimiento y comando) se ha formado en base a la tecnología TT&C existente en China, usaba (en la nave) una antena direccional de alta ganancia y una antena omnidireccional de ganancia media, la codificación de canal se implementaba para el canal de enlace descendente, utilizando velocidades de datos altas y bajas para la transmisión de información.

La determinación precisa de la órbita se realizó principalmente mediante el uso de Doppler USB (banda S unificada) bidireccional y datos de rango recopilados por las estaciones terrenas de Qingdao y Kashi, ayudadas por los datos de tasa de retraso recopilados por las estaciones de 25 m de diámetro de Shanghai y Urumuqi, y las de 50 m de diámetro de Beijing-Miyun y Yunnan-Kunming (40 m), el sistema VLBI fue desarrollado por el Observatorio Astronómico de Shanghai, siendo también el responsable del seguimiento de VLBI durante la misión, del 27-10 al 8-11-2007, el sistema VLBI llevó a cabo la misión de seguimiento a la perfección. Las fases de la misión incluyeron la órbita de modulación de fase, la órbita de transferencia Tierra-Luna y la órbita de captura lunar proporcionando el retardo de la sonda, la tasa de retardo y la posición del ángulo con muy alta precisión al Centro de Control Aeroespacial de Beijing, y también participó en la determinación y predicción de la órbita casi en tiempo real.


Antena Beijing-Miyun


Antena Yunnan-Kunming

Soporte de seguimiento de la ESA para la misión Chang'e 1

Durante la fase de desarrollo de la nave espacial Chang'e 1, la red de estaciones terrestres ESTRACK de la ESA se movilizó para brindar apoyo directo a la misión lunar Chang'e-1 de China. La misión Chang'e 1 contó con el apoyo de las estaciones terrestres de la ESA en Maspalomas y Kourou y por primera vez, las estaciones de rastreo de la ESA transmitieron telecomandos a una nave de china.

Tras el acuerdo de cooperación, ESOC y el Centro de Control Aeroespacial de Beijing (BACC) se enfrentaron al problema de conectar dos sistemas: el sistema de control de misiones BACC y la red de estaciones terrestres ESTRACK de ESOC; esto tenía que suceder en el período relativamente corto de un año. La propuesta de ESOC a BACC se basó en el modelo de ESOC para proporcionar apoyo cruzado a otras agencias como la NASA y JAXA y la propuesta de ESOC fue proporcionar el soporte Chang'e 1 basado en los estándares CCSDS y proporcionar interoperabilidad de sistemas sin modificar el Sistema BACC y Sistema ESOC, el modelo oculta la implementación en ambos lados y solo define las interfaces necesarias para ser soporte en ambos lados. Para medir el éxito de esto, el proyecto utilizó la conexión de verificación y validación, el proceso de evaluación de software para determinar si los productos de una determinada fase de desarrollo satisfacían las condiciones impuestas al inicio de esa fase; el proceso de evaluación de software durante o al final del proceso de desarrollo para determinar si cumplía con los requisitos especificados.

La clave del éxito de este apoyo fue el uso de una puerta de enlace SLE (Space Link Extension) en ambos lados; la implementación de BACC se basó en el servidor de comunicaciones ESOC SLE API (Application Programming Interface) (utilizando protocolos TCP/IP para las comunicaciones) el problema era que la trama de telemetría Chang'e 1 no era compatible con las recomendaciones de CCSDS.

El conjunto final de estándares CCSDS aplicados a Chang'e 1 (así como a la misión de seguimiento Chang'e 2) fueron: Telemetría: Return All Frames (RAF) Telemando: Command Link Transmission Unit (CLTU) Orbit Data: Orbit Ephemeris Message (OEM) Datos de Seguimiento: Time Date Message (TDM).



El apoyo de rastreo terrestre de la ESA a Chang'e 1 comenzó con éxito el 1-11-2007 con la primera recepción de señales de telemetría de la misión en la estación espacial de 35 m de la ESA en New Norcia, Australia, mas tarde, los primeros telecomandos a Chang'e 1 se transmitieron a través de la estación de 15 m de la ESA en Maspalomas, Islas Canarias, España, y luego la estación de la ESA en Kourou, Guayana Francesa, también recibió con éxito telemetría y transmitió comandos a Chang'e 1, también realizaron mediciones de alcance y Doppler utilizadas para determinar la ubicación y dirección de la nave espacial

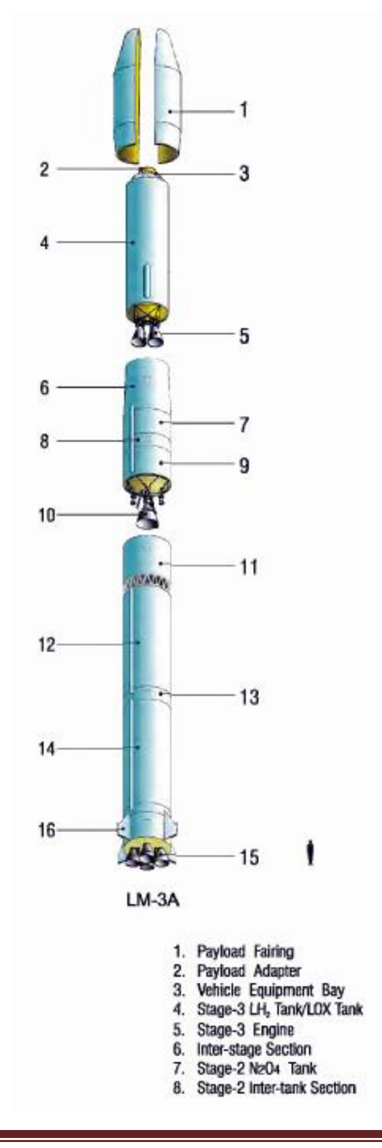
Las nuevas estaciones Norcia, Maspalomas y Kourou forman parte de la red de estaciones terrestres ESTRACK de la ESA y se controlan de forma remota desde ESOC (Centro Europeo de Operaciones Espaciales) en Darmstadt, Alemania. Las comunicaciones exitosas marcaron un hito importante, ya que fue la primera vez que se transmitió un telemando a una nave espacial china desde una estación de la ESA, además de la recepción de telemetría y transmisión de telecomandos.

Lanzamiento

Según el cronograma, el diseño detallado del primer hito del programa se completó en septiembre de 2004, la investigación y el desarrollo de la sonda prototipo y las pruebas pertinentes de la sonda se terminaron antes de finales de 2005, diseño, fabricación, montaje general, pruebas y experimentos en tierra se terminaron antes de diciembre de 2006 y originalmente fue programado un lanzamiento para abril de 2007, pero finalmente la sonda fue lanzada el 24-10-2007 a bordo de un cohete Long March CZ-3A desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang, provincia de Sichuan.

La sonda fue lanzada a una órbita altamente elíptica, con 31º de inclinación, 200 Km de perigeo y 51000 Km de apogeo, el apogeo de la órbita se elevó gradualmente realizando una maniobra en el perigeo tres veces seguidas, después de la tercer órbita alrededor de la Tierra, la sonda entró en una órbita de transferencia Tierra-Luna, hasta que un último encendido de inyección translunar la colocó en curso hacia la Luna el 31-10-2007, otro encendido la colocó en una órbita polar circular lunar de una altitud de 200 Km y un período de 127 minutos, para adquirir las imágenes de teledetección con la misma resolución a lo largo de toda la órbita y con una inclinación de 90º respecto al plano ecuatorial lunar, esta inserción orbital se logró el 5-11-2007, y en ese momento la nave transmitió canciones y piezas musicales clásicas chinas, la nave fue controlada remotamente desde las estaciones terrenas de la Red de Espacio Profundo de China Qingdao y Kashgar y la Estación de Seguimiento Maspalomas.



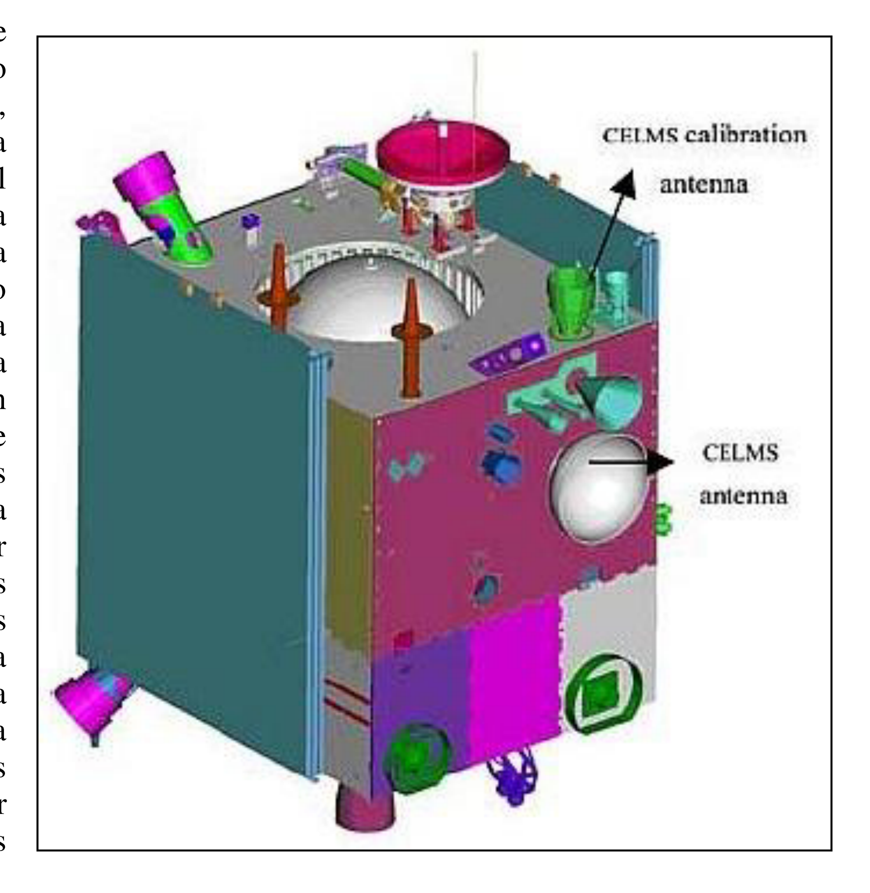


Instrumentos científicos

La misión tenía 4 objetivos principales; obtención de imágenes 3D de los accidentes geográficos y estructuras geológicas de la superficie lunar, cuya finalidad fue la de proporcionar una referencia para futuros alunizajes, la órbita alrededor de la Luna fue diseñada para proporcionar una cobertura completa, incluidas las áreas cercanas a los polos N y S no cubiertas por misiones anteriores; analizar y mapear la abundancia y distribución de varios elementos químicos en la superficie como parte de una evaluación de recursos potencialmente útiles en la Luna; sondear las características de la superficie lunar y evaluar su profundidad, así como la cantidad de Helio 3 presente y sondear el entorno espacial entre los 40000 y 400000 Km de la Tierra, registrando datos sobre el viento solar y estudiando el impacto de la actividad solar en la Tierra y la Luna, para estos objetivos llevaba varios instrumentos científicos.

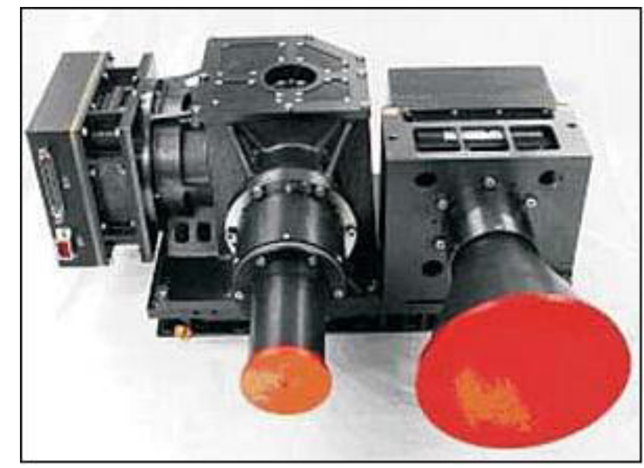
Cámara estéreo con dispositivo CCD con una resolución óptica de 120 m, espectrómetro de imágenes a longitudes de onda de 0,48 a 0,96 µm, altímetro láser con láser de 1064 nm y resolución de alcance de 1 m, espectrómetro de imágenes, espectrómetro de rayos X y γ (XRS) con un rango de energía de 0,5 a 50 keV para rayos X y de 300 keV a 9 MeV para rayos γ, radiómetro de microondas que detectaba a 3, 7, 8, 19, 35 y 37 GHz con una profundidad de penetración máxima de 30, 20, 10, 1 m, con resolución térmica de 0,5 °C, detector de partículas de alta energía y dos detectores de viento solar (SWID) capaces de detectar electrones e iones pesados hasta 730 MeV.

CELMS, conocido como MRM (Radiómetro de Microondas Lunar) es el principal instrumento científico de la misión, de cuatro frecuencias a 3, 7.8, 19 y 37 GHz, su objetivo era monitorear la profundidad de penetración de las frecuencias en el regolito lunar (la frecuencia más baja ofrecía la mayor profundidad de penetración) se seleccionó la frecuencia de 3 GHz para poder adaptarse al tamaño de antena requerido en la nave espacial y utilizaba la frecuencia más alta (37 GHz) para obtener la emisión de la superficie lunar durante las orbitas en los lugares diurnos y nocturnos, la emisión de frecuencia más alta provenía de una capa de unos pocos cm por debajo de la superficie, mientras que la emisión de frecuencia más baja podía sondear profundidades más allá de unos pocos m, los datos de microondas se utilizaban para inferir propiedades termofísicas del regolito lunar, así como para conocer la variación del grosor del regolito en la superficie lunar, información útil para estimar la distribución y la cantidad de Helio 3, las frecuencias medias de 7.8 y 19 GHz se utilizaron para adquirir una construcción de capa interna y contribuciones térmicas.



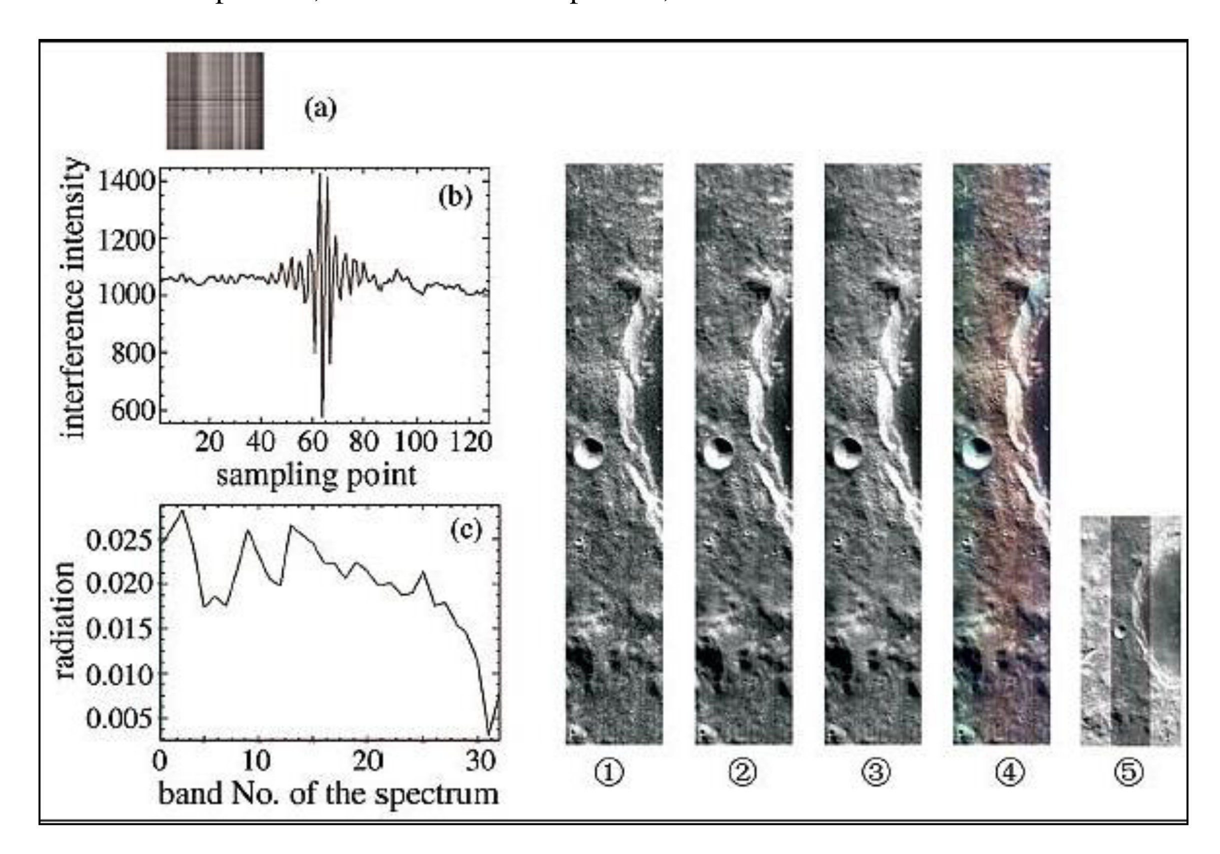
Complemento de sensor: (CELMS, cámara estéreo, IIM, LAM, GRS, GXS, HPD, SWID) con un peso de 140 Kg, fue desarrollado por CSSAR (Centro de Ciencia Espacial e Investigación Aplicada) de la Academia de Ciencias de China, servía para recopilar, procesar, almacenar y transmitir los datos científicos, incluyendo un sistema de gestión de datos (PDMS).

IIM (Espectrómetro de Interferómetro de Imágenes)



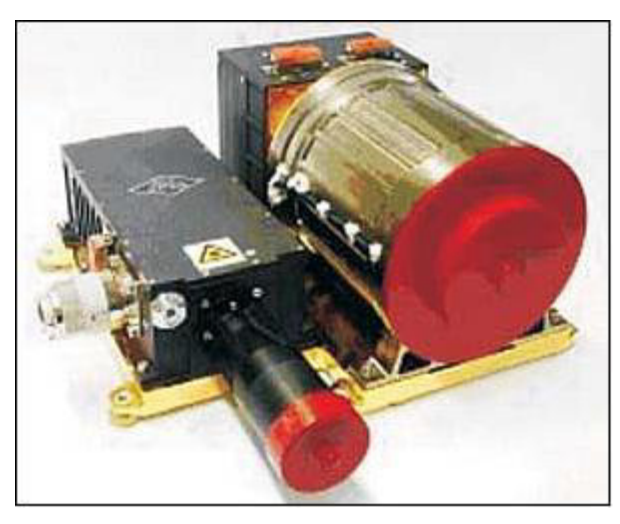
Espectrómetro de formación de imágenes de transformada de Fourier de tipo pushbroom basado en Sagnac, que funciona desde el IR visible hasta el cercano (0,48-0,96 µm) producía una resolución de suelo de 200 m/px y 25,6 Km de ancho de franja, el 26-11-2007, se encendió el instrumento y su objetivo era obtener imágenes multiespectrales de la superficie lunar.

Las propiedades de reflectancia VNIR (IR cercano visible) de la luna son sensibles a la mineralogía, la química mineral y los estados físicos del regolito lunar, a partir de sus imágenes, se podía identificar la distribución de los principales tipos de minerales y rocas, el instrumento contaba con 32 canales en el rango espectral de 480 a 960 nm, el IIM estaba integrado a la cámara estéreo, que constaba de un subsistema de óptica, un marco para soportar la lente óptica, la matriz CCD plana y el subsistema de procesamiento de señales correspondiente, las tres filas paralelas de los arreglos CCD planos podían obtener la vista del nadir (0º), hacia adelante (17º) y hacia atrás (-17º) de la superficie lunar simultáneamente a medida que la nave espacial avanzaba, desde el 20-11-2007 hasta el 1-07-2008, la cámara CCD mapeó con éxito toda la superficie, incluidas las áreas polares, donde la iluminación solar era bastante débil.



(a) interferograma, (b) curva de interferograma, (c) curva espectral.
1- Imagen espectral de la banda 4 (su centro de longitud de onda es 504,96 nm)
2- Imagen espectral de la banda 17 (su centro de longitud de onda es 644.64 nm)
3- Imagen espectral de la banda 30 (su centro de longitud de onda es 891.11 nm)
4- Imagen en falso color de la banda 4, 17, 30
5- Ubicación relativa del área de imágenes en la misma órbita entre el interferómetro de imagen y la cámara estéreo

LAM (Altímetro Láser Lunar)



Diseñado para medir la distancia entre la nave y el punto nadir de la superficie lunar, constaba de un transmisor y un receptor láser; el transmisor utiliza un láser YAG de conmutación Q bombeado por diodos láser, la divergencia del haz de salida se mejoraba a 0,6 mrad mediante un colimador tipo refractor Galileo, los pulsos de retorno eran captados por un reflector tipo Cassegrain cuya apertura era de 140 mm; la señal era detectada por el detector Si-APD (el tiempo de viaje de un pulso daba la información de la distancia entre la nave y la superficie lunar, la caja del circuito LAM era una unidad de control que se utilizaba para medir la distancia y suministrar la potencia del láser, el tamaño del dispositivo era de 26 x 20 x 19 cm con una masa de 5,8 Kg, el instrumento se instaló paralelo al eje Z del orbitador, la puntería fue paralela al sistema de detección CCD con una precisión de medición de ± 1'. Tanto el telescopio transmisor láser como el receptor se instalaron mirando hacia la superficie lunar, el tiempo de disparo a lo largo de la trayectoria fue de aproximadamente 1,4 km, asumiendo una probabilidad de alcance del láser del 100%, y el espaciado mínimo de los pies a lo largo del ecuador debería ser de aproximadamente 7,5 km después de dos meses de mediciones.

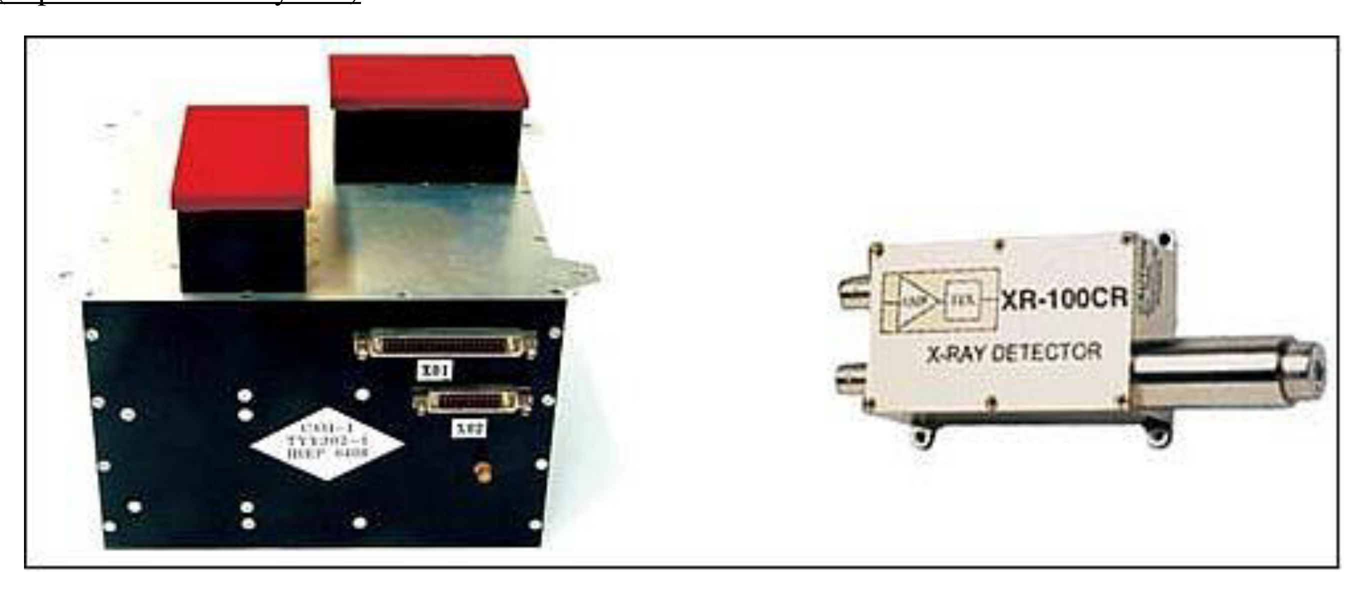
El 28 de noviembre de 2007, se encendió el instrumento LAM. Después de varios días de ajuste y prueba en órbita, se cambió al estado operativo normal. El altímetro láser puede obtener los datos de elevación de toda la superficie lunar. Los datos se utilizarán para producir el mapa DEM de toda la superficie lunar.

GRS (Espectrómetro de Rayos γ)

Su objetivo fue observar la abundancia de elementos químicos, como C, O, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Th y U en la superficie lunar, el detector principal del instrumento es un cristal CsI (Tl) de 12 cm de diámetro x 7,6 cm de largo, está rodeado por los lados y el dorso por un solo escudo de cristal CsI, de 3 cm de espesor, este CsI reduce los rayos γ provenientes de la nave, se protege como un escudo de partículas cargadas y reduce el fondo Compton, recoge simultáneamente dos espectros de rayos γ, el espectro de escudo de CsI sin procesar y el espectro de CsI (Tl) en anticoincidencia con el escudo de CsI, inició la observación normal el 28-11-2007.



XRS (Espectrómetro de Rayos X)



Su objetivo principal era detectar los rayos X fluorescentes de la superficie lunar y proporcionar la distribución de abundancia de los tres principales elementos formadores de rocas: Mg, Al y Si, cuando los rayos X solares o los rayos cósmicos bombardean la superficie lunar, algunos elementos emiten rayos X fluorescentes, las especies de estos elementos se pueden identificar utilizando las líneas características y las abundancias se pueden determinar a partir de la intensidad de los rayos X emitidos, la composición elemental es importante para estudiar no solo la naturaleza geoquímica de los terrenos en la superficie lunar, sino también la historia de la actividad del impacto y el pasado volcánico-tectónico en la luna.

El instrumento consta del detector de rayos X lunar y el monitor de rayos X solar, se basa en la tecnología de diodo Si-PIN, una especie de detector de semiconductores, que tiene una mejor resolución energética y menos masa que los de los contadores proporcionales, que se utilizaron en las misiones Apolo-15, 16 y la misión NEAR al asteroide. Eros, en el XRS se utilizó dos tipos de sensores Si-PIN, uno es para el lunar SXD (Detector de rayos X suave) para observaciones en el rango de 1-10 keV, y el otro es para el HXD (Detector de rayos X duro) para observaciones en el rango de 10-60 keV.

La puesta en servicio de la instrumentación del XRS se inició a finales de noviembre de 2007, resultó que esta actividad coincidía con el ciclo mínimo solar, a modo de comparación, los datos del instrumento GOES-XRS de la NOAA, que midió el flujo de rayos X solares en una banda de energía suave (1-8 Å y dura (0.5-3 Å) también mostraron que durante el período de inactividad, la radiación solar X tuvo el flujo más bajo (A0.3) como resultado, no se encontró ninguna línea característica elemental significativa incluso en el espectro de co-adición de todo el SXD durante varias horas de integración. Esta situación no duró más de 10 días. El 5-12-2007, apareció una mancha solar en el extremo E del Sol. Luego, el flujo de rayos X solares aumentó gradualmente y alcanzó el nivel B1 en unos pocos días, desde el 20-12-2007 en adelante, el flujo de rayos X solar comenzó a disminuir a medida que la mancha solar giraba hacia el lado opuesto del Sol; durante los 15 días del período de erupción solar, los espectros obtenidos por el XRS indicaron que se observaron líneas de baja energía (Mg: 1.25 keV; Al: 1.49 keV; Si: 1.74 keV; Ca: 3.69 keV).

A fines del año 2007, una gran erupción solar de clase C de larga duración comenzó el 31-12-2007, duró más de 2:50 hrs correspondientes a las observaciones XRS, cuando la erupción alcanzó su nivel máximo C 8.7, Chang'e-1 estaba volando sobre el polo S y comenzó a viajar hacia el N en el lado oculto lunar.

HPD (Detector de Partículas de Alta Energía)

También conocido como HSPD (Detector de partículas solares de alta energía) su objetivo era observar los iones y protones pesados en el espacio alrededor de la luna, pudiendo detectar los protones con energías en el rango de 4-400 MeV. También se analizaron los iones pesados como He, Li y C. Tres secciones del detector de semiconductores formaban el sistema de sensores del telescopio, cuando las partículas cósmicas pasaban por los detectores de semiconductores, su energía de depósito podía formar un pulso eléctrico que se amplificaba para contar y analizando la altura del pulso se podían identificar las diferentes partículas.



SWID (Detector de Iones de Viento Solar)

Diseñados para analizar los iones con baja energía en el mismo espacio con detector de partículas de alta energía (HPD) los dos detectores eran verticales entre sí, el detector de iones de viento solar constaba de un colimador, un analizador de iones y un amplificador MCP.

Los resultados de la observación muestran que los datos detectados por SWID cambiaban periódicamente, 127 min por ciclo, y esto era idéntico al período de la órbita del satélite, debido a la acomodación de los dos detectores, instalados en diferentes direcciones, el instrumento SWID A detectó el viento solar en ciertos ángulos polares con los conteos aumentando y disminuyendo. El instrumento SWID B detectó el viento solar en todos los ángulos polares con la diversificación similar de SWID A. Todos los resultados fueron consistentes y esperados y mostraron que el instrumento estaba funcionando nominalmente y que los datos detectados están disponibles, del 8 al 9-12-2007, la luna estaba alineada entre el Sol y la Tierra, pudiendo los instrumentos detectar el plasma del viento solar.



Eventos importantes de la misión



El 31-10-2007, Chang´e 1 entra en la órbita de transferencia lunar (LTO) el 5-11-2007 hace su primera inyección en la órbita polar lunar, el 7-11-2007 alcanzó una órbita polar circular con una altitud de 200 Km y un período de 127 min., el 20-11-2007, se encienden los distintos instrumentos científicos y el Ground Research & Application System del CLEP recibe la primera imagen lunar.

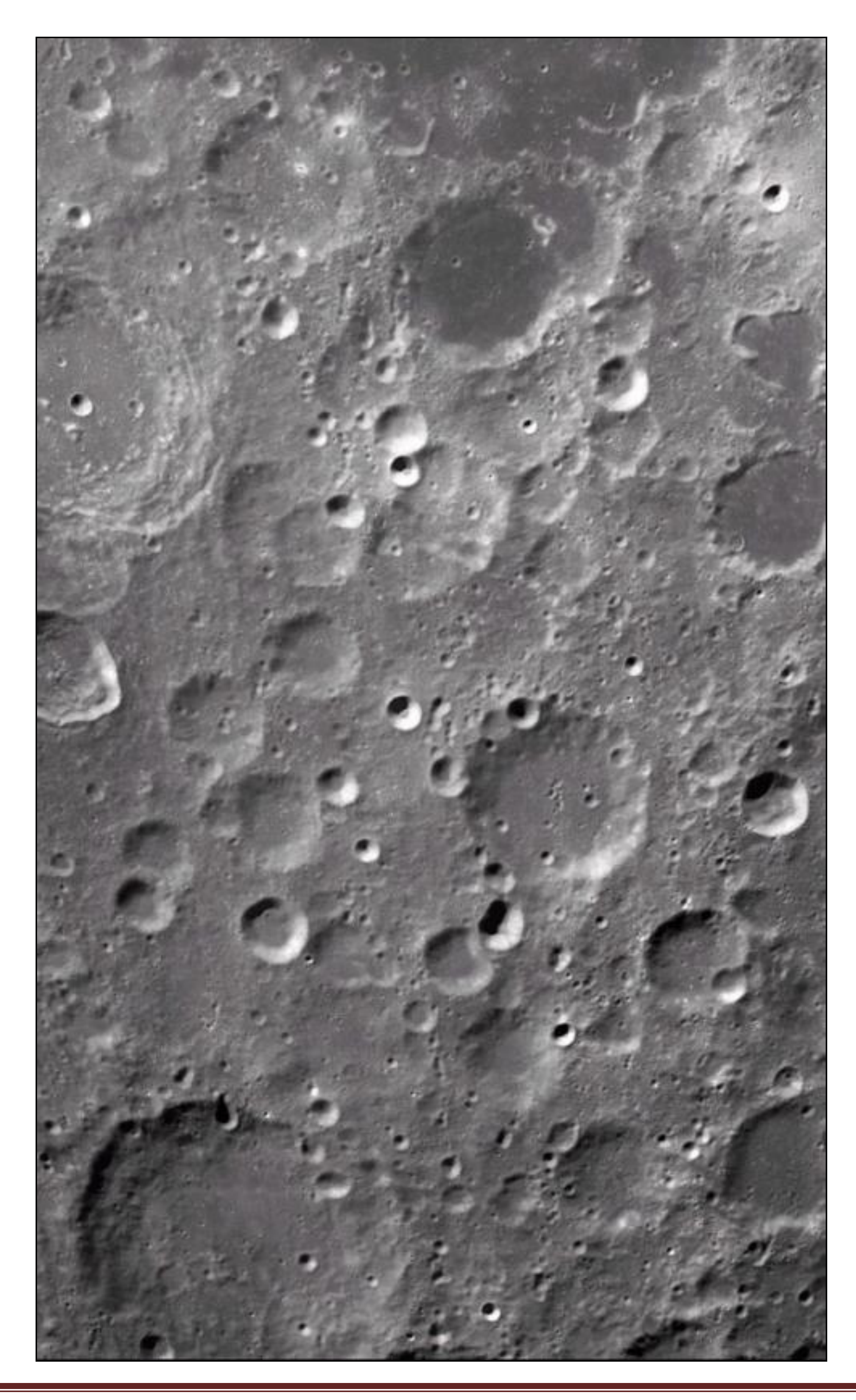
Entre noviembre de 2007 y octubre de 2008, Chang'e 1 lleva a cabo varias misiones de exploración en órbita lunar, la obtención de imágenes 3D de su superficie y la elaboración de gráficos de contorno de la geología y las estructuras lunares; y analiza los elementos y materiales; examina las características y la profundidad del suelo lunar; y explora el entorno espacial entre 40000 y 400000 Km de la Tierra, el 21-02-2008 hace su primer paso hacia el eclipse lunar, el 17-08-2008, su segundo paso hacia el eclipse lunar y el 24-10-2008, se cumplen todas las metas científicas y de ingeniería.

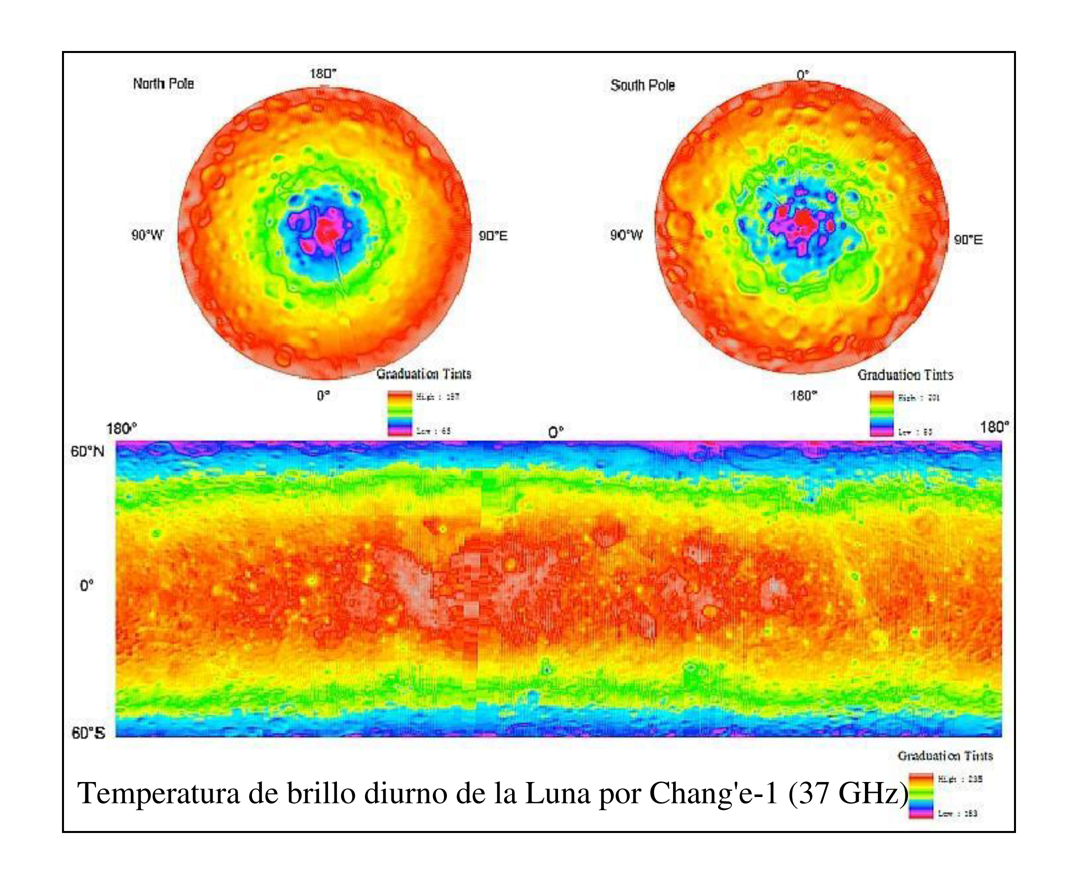
El 6-12-2008, el Control de Misión ordena a la nave bajar su órbita a una altitud de 100 Km sobre la superficie lunar, el 19-12-2008, vuelve a bajar a una órbita elíptica de 15 x 100 Km, la misión termina oficialmente en octubre de 2008, pero Chang´e 1 continúa volando hasta febrero de 2009 para realizar más pruebas y ganar experiencia para futuras misiones, el 20-12-2008 se le ordena volver a su órbita circular de 100 Km, el 2-11-2009 hace su tercer paso hacia el eclipse lunar.

El 1-03-2009, Chang'e-1 es guiada para estrellarse contra la superficie lunar en el área de impacto: 52,36ºE, 1,50ºS, zona N de Mare Fecunditatis, poniendo fin a su misión de 16 meses, transmitiendo durante su misión, 1.3 Tb de datos a las estaciones terrestres y los datos recibidos se procesaron en 4 Tb de datos científicos en diferentes niveles.

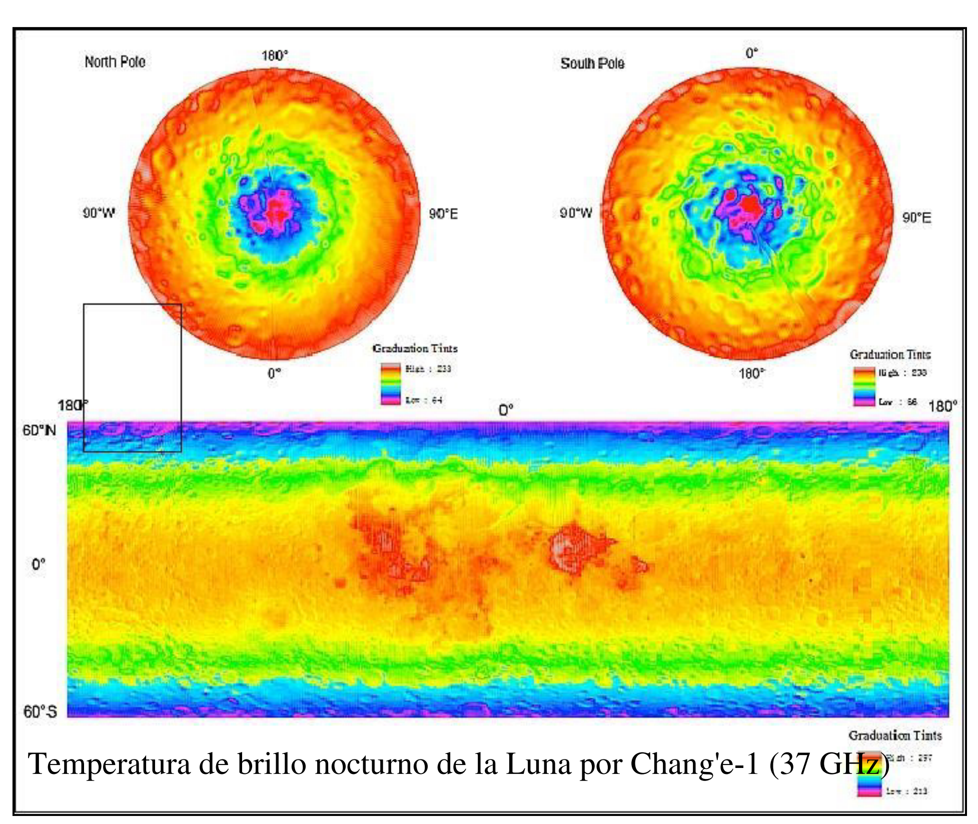
Utilizando los datos de MRM, se construyeron mapas de temperatura de brillo global (T_{BL}) de la luna en el Observatorio Astronómico Nacional y la Academia de Ciencias de China para diferentes frecuencias, y por separado para el día y la noche, los resultados son particularmente reveladores, en el mapa diurno de 37 GHz, las marías, que aparecen oscuras en la luz visible, se vuelven brillantes en las longitudes de onda de microondas para reflejar las temperaturas más altas (debido a una absorción más fuerte en el espectro visible solar).

El 1-03-2009, Chang'e 1 se estrelló contra la superficie lunar en un impacto planificado y controlado en las coordenadas 1,50° S 52,36° E, poniendo fin a su misión.





Temperatura de brillo diurno de la Luna por Chang'e-1 (37 GHz)



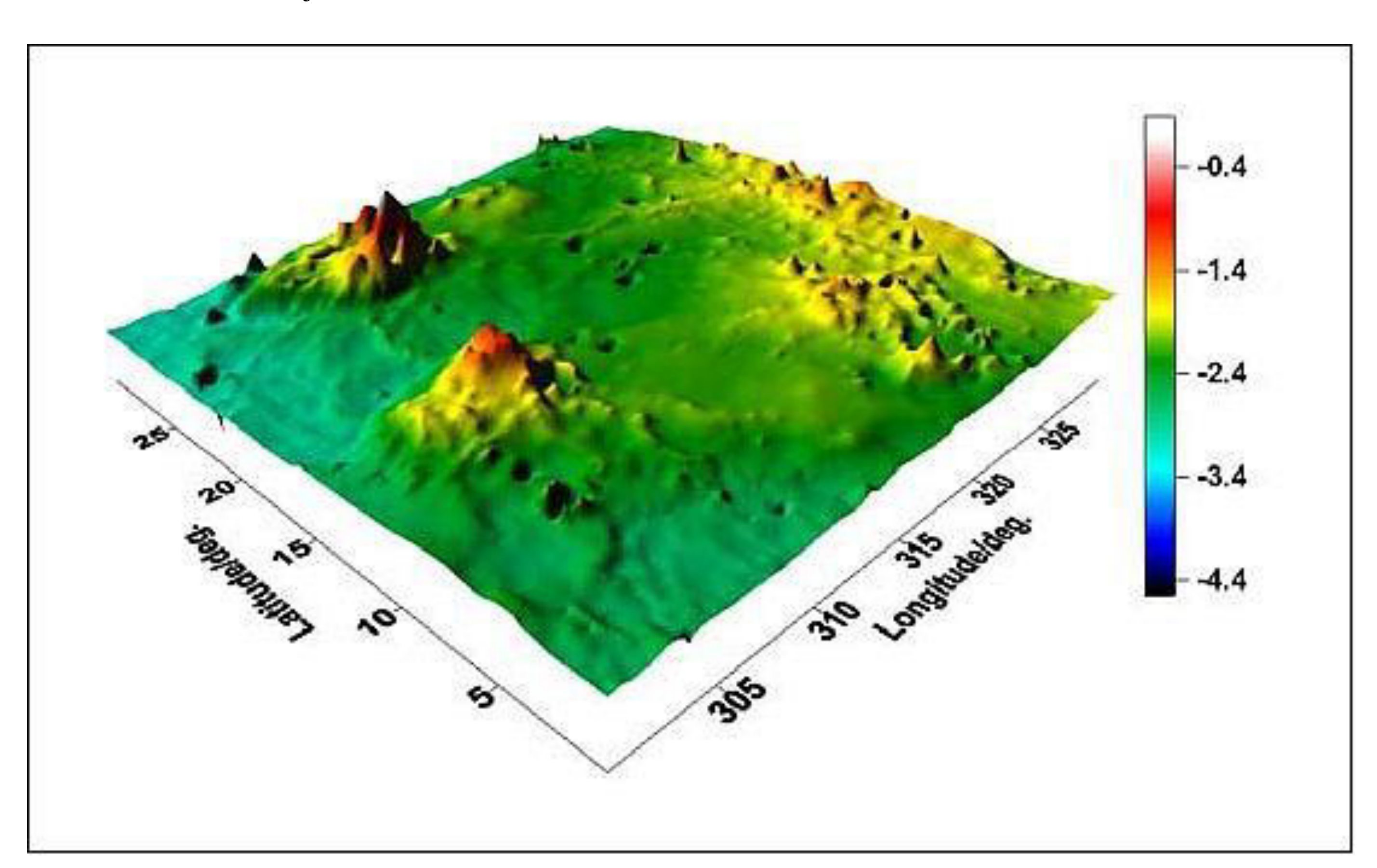
Temperatura de brillo nocturno de la Luna por Chang'e-1 (37 GHz)

Resultados

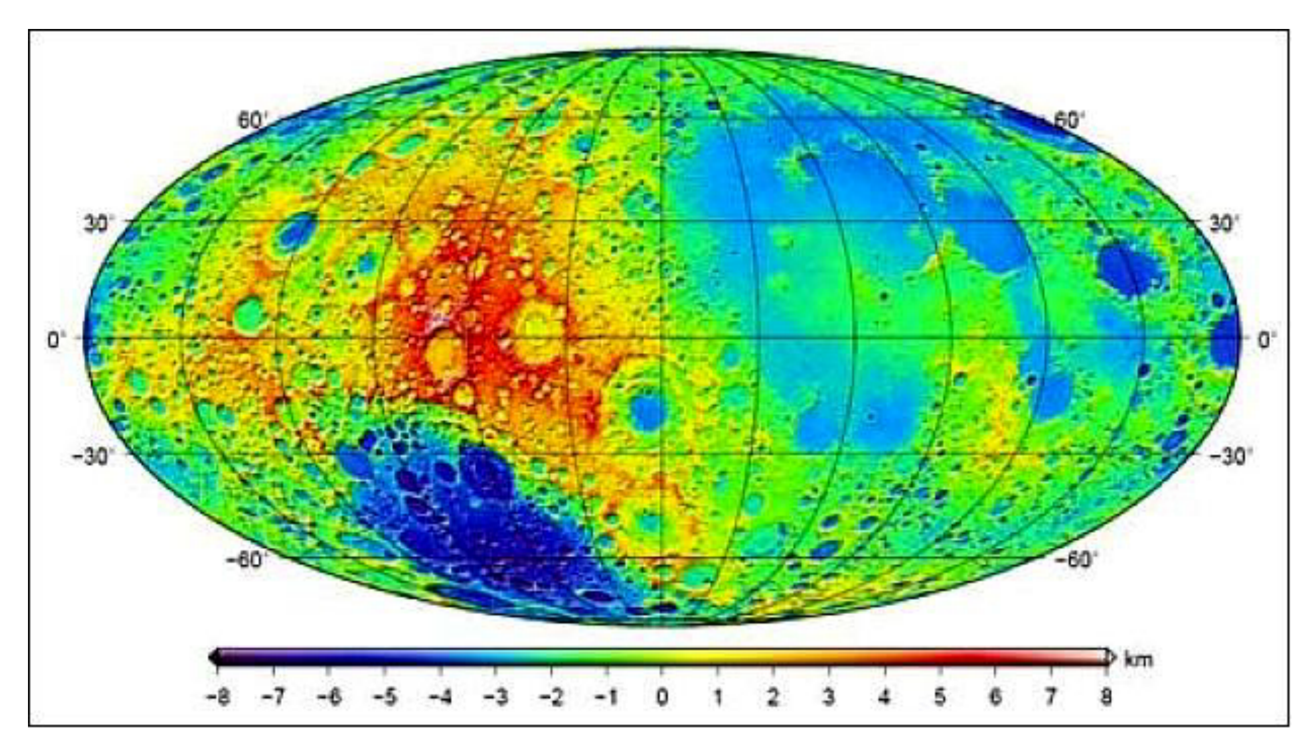
Fue creado un mosaico de imágenes globales a escala 1: 2,5 millones utilizando las imágenes CCD después del procesamiento radiométrico y geométrico, en la proyección de mapas, la creación de mosaicos y la edición, se usaron datos LAM DEM (Modelo de elevación digital) para corregir los errores de posición de los resultados del procesamiento geométrico.

En el Instituto de Aplicaciones de Percepción Remota de Beijing, se realizó un método de coregistro de imágenes estereoscópicas y datos de altímetro láser para el mapeo 3D de alta precisión de la superficie lunar, en el procesamiento terrestre, las imágenes DEM se generaban automáticamente a partir de las imágenes estéreo CCD basadas en un modelo de sensor de barrido riguroso y una coincidencia de imágenes de varios niveles, las imágenes DEM luego se registraban en los datos LAM a través de la coincidencia de superficies con un modelo de transformación rígido 3D, los parámetros de orientación exterior (EOP) de las imágenes se ajustaban utilizando el modelo de transformación rígido para que las imágenes y los datos LAM se registren conjuntamente. Se obtuvo un modelo de topografía lunar basado en datos de altímetro láser, a partir de este modelo, se descubrió un volcán y cuencas de mediana escala.

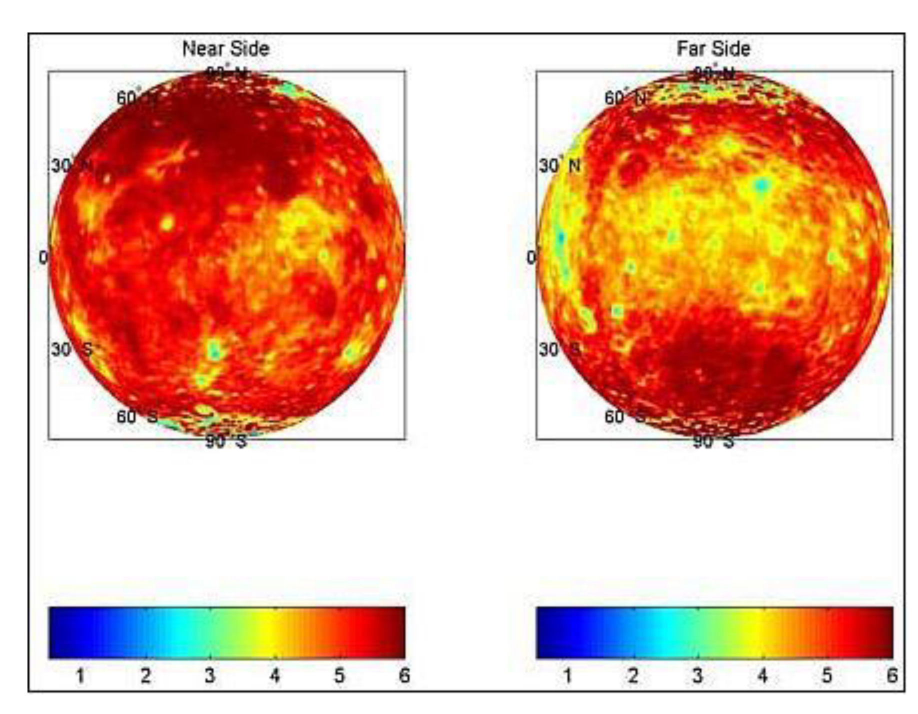
Durante el día, la fuerte iluminación de los cráteres radicales de gran altitud y alta tasa de albedo introdujeron el efecto de iluminación en la observación de la baja altitud cercana, la baja tasa de albedo y el área de baja tasa de pendiente pequeña y poco profunda, e incluso podía ocultar el área posterior. Basado en el modelo de topografía global lunar obtenido y comparándolo con el modelo de gravedad lunar, se identificó un volcán llamado Montaña Yutu, con un diámetro de alrededor de 300 Km y una altura de alrededor 2 Km, ubicado en 14º N, 308º E en Oceanus Procellarum, además, se mejoró el DEM de otro volcán denominado Montaña Guishu en la misma zona.



Los datos altimétricos permitieron estimaciones mejoradas de los parámetros fundamentales de la forma de la luna, que se derivaron principalmente de los coeficientes armónicos esféricos de longitud de onda larga, el radio medio de la luna dado por el modelo topográfico lunar Chang'e 1) es 1737013 m, y al rotar un elipsoide aplanado para ajustar los datos cuadriculados determinaron, el radio ecuatorial medio1737646 m, el radio polar medio 1735843 m y el aplanamiento 1 / 963,7526



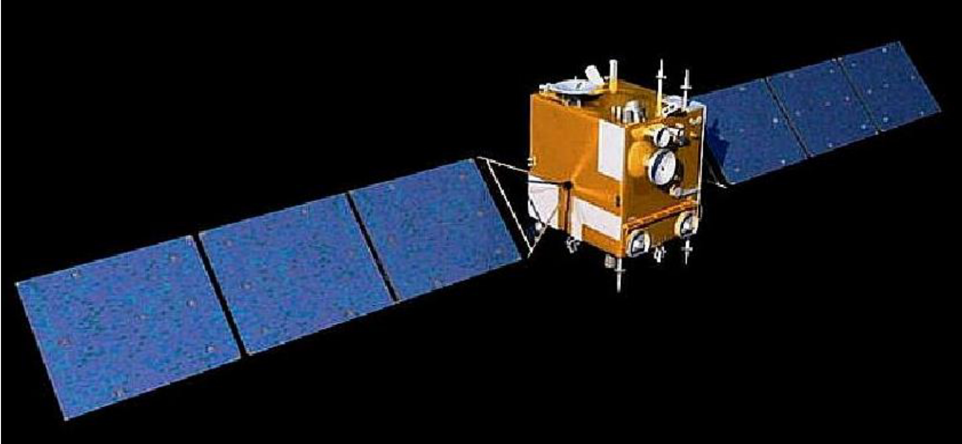
Sobre la base de la temperatura de brillo lunar (T_{BL}), el proyecto estableció, el primer mapa de microondas del mundo que cubre toda la superficie lunar, el estudio M_{ic} M no solo es importante para los recursos y aplicaciones lunares, sino que también es valioso para la ciencia lunar y cósmica.



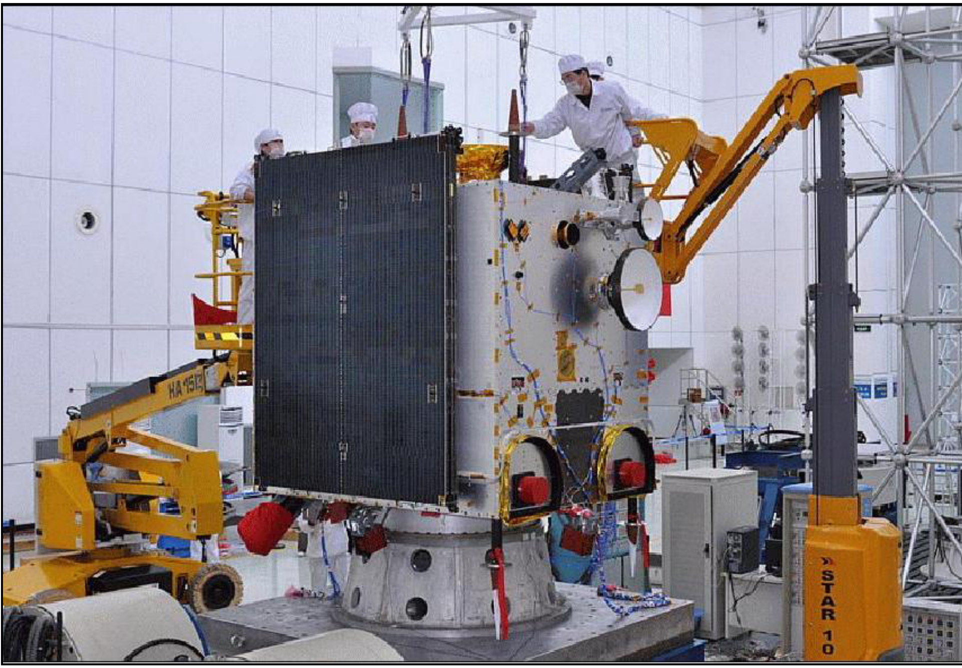
Los valores de espesor de la capa de regolito se obtuvieron a partir de estimaciones con métodos directos e indirectos, los valores de espesor estimados por diferentes métodos y diferentes científicos difirieron mucho ya que no hubo referencias de datos globales para tales estimaciones, los resultados de CELMS son más delgados en comparación con otros resultados.

Misión Chang´e 2

La nave Chang'e 2 se basa en la serie de buses espaciales de comunicación geoestacionaria DFH-3 de la Academia China de Tecnología Espacial, estabilizada en 3 ejes con una masa de lanzamiento de aproximadamente 2480 Kg, incluidos 1300 Kg de combustible y 140 Kg de masa de carga útil; se construyó originalmente como un satélite de respaldo para la sonda Chang'e 1 y había sido modificado para su propia misión, mientras que Chang'e 1 operaba en una órbita de 200 Km, Chang'e 2 volaba a solo 100 Km, lo que le permitía imágenes de mayor resolución y datos científicos más precisos, los objetivos específicos de la misión Chang'e 2 eran demostrar las siguientes tecnologías clave, inyección directa de la nave espacial en la órbita de transferencia lunar sin asentarse primero en una órbita terrestre, tecnología de freno orbital y captura por la Luna en una ubicación a 100 Km de distancia (inserción de la órbita lunar a 100 Km), tecnología en una maniobra de órbita lunar de 100 x 15 Km y medición de la órbita, sistema de medición TT&C en banda X, sistema de transmisión de datos Tierra-Luna de alta velocidad (12 Mb/s) imágenes de alta resolución del área de Sinus Iridum, como posible lugar de aterrizaje de Chang'e 3; los objetivos científicos de la misión eran los de mejorar el rendimiento de las cargas útiles sobre la base de Chang'e 1, mejorar la exactitud y precisión de los datos científicos lunares, obtención de imágenes de la superficie lunar con una resolución espacial de <10 m, explorar la composición del material de la superficie y observar el entorno espacial Tierra-Luna y cercano a la Luna.

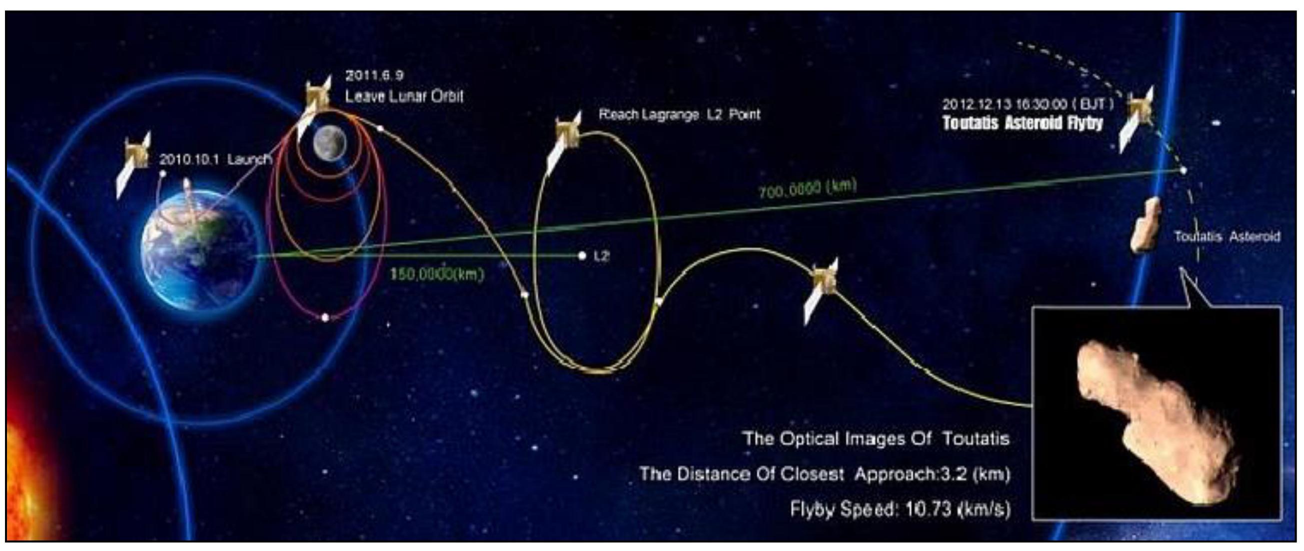






Lanzamiento

La sonda Chang'e 2 fue lanzada el 1-10-2010 a bordo de un cohete CZ-3C desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang en la provincia de Sichuan; entró en una órbita con un perigeo de 200 Km y un apogeo de 380000 Km, y se separó del cohete portador como estaba previsto, fue la primera vez que una sonda lunar china entraba directamente en una órbita de transferencia Tierra-Luna sin orbitar la Tierra primero, Chang'e 2 llegó a su órbita lunar en 4 días y 16 hrs, más tarde, la sonda bajó su órbita a 100 Km, con una periluna de 15 Km el 9-10-2010 después de tres frenadas exitosas.



Instrumentos científicos

La sonda Chang'e 2 compartía objetivos similares con Chang'e 1 y tenía los mismos instrumentos científicos, LAM, GRS, XRS, HPD y SWID.

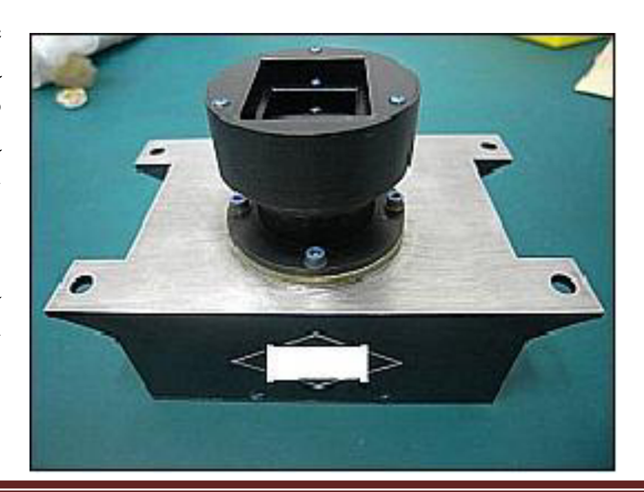
Cámara CCD estéreo

Su misión es obtener imágenes de la superficie lunar con alta resolución espacial y proporcionar datos de orientación científica para elegir un lugar de aterrizaje seguro para Chang'e 3, el diseño mejorado presenta el método TDI (Integración de retardo de tiempo) para aumentar la sensibilidad de detección del instrumento, adopta una solución de imagen estéreo con una sola lente y dos ángulos de visión en la misma pista y un modo de imagen de barrido con una capacidad TDI de alta sensibilidad, en comparación con el modo de matriz de tres líneas de la cámara estéreo de Chang´e 1, adopta un esquema de dos líneas para reducir el volumen de datos y adquiere imágenes de alta resolución hacia adelante y hacia atrás de la superficie lunar.



Cámaras micro-CMOS

La nave llevaba una cámara de aterrizaje y tres cámaras de vigilancia, estas cámaras contaban con un diseño de cámara inteligente, bajo consumo y altamente integrado, llevando tecnologías como la exposición automática, compresión de alta velocidad de imágenes en color, gris estático y métodos de muestreo.



Las cuatro cámaras tomaron imágenes de la fisonomía de la Luna, despliegue del panel solar, estado de funcionamiento del motor y despliegue de la antena direccional.

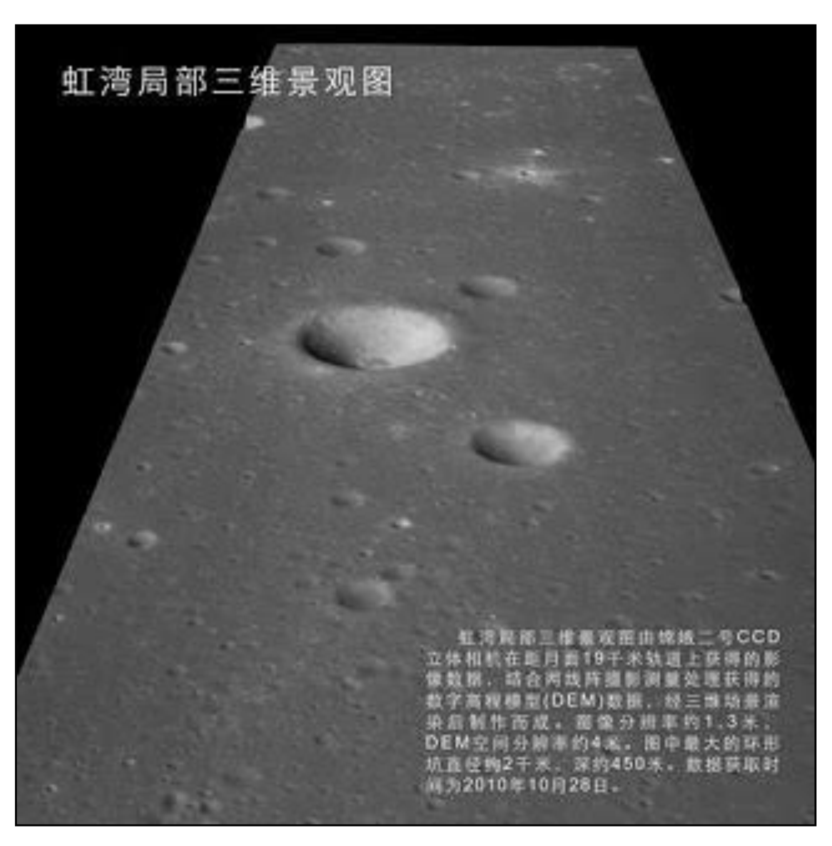
Eventos importantes de la misión

El 9-10-2010, la nave alcanza su órbita lunar circular preliminar de 100 x 100 Km, del 6 al 9-10-2010 implementa un total de tres frenadas en periluna y una maniobra de plano orbita, el 26-10-2010, maniobra en una órbita lunar elíptica de 100 x 15 Km que se mantiene durante toda la misión, el 2-11-2010, el sistema VLBI junto con el rango USB (Banda S Unificada) y el sistema Doppler, completan la tarea de rastreo de la fase en tiempo real de Chang´e 2 e inicia las operaciones de la misión a largo plazo del vuelo circunlunar de 150 días, el 2-10-2010 se implementa el primer control de corrección a mitad de camino encendiendo el motor durante 70 seg. el resultado del control fue preciso y cumplió con el requisito de insertar la sonda en la órbita, por lo que se cancelaron las dos correcciones de órbita a mitad de camino programadas, en abril de 2011, la misión había llegado al final de su vida de diseño y había logrado todos sus objetivos científicos y de ingeniería programados, el proyecto decidió aprovechar al máximo el propulsor restante y la carga útil operativa y expandir aún más la exploración lunar y del espacio profundo, durante la misión lunar nominal de 150 días, la sonda experimenta una doble transición de actitud para mejorar el seguimiento solar del panel de la celda de la sonda, tres veces el mantenimiento de la órbita y un control de eclipse, al final de su misión de 6 meses, le quedaban 520 Kg de propulsor, para verificar la tecnología de exploración interplanetaria adicional y acumular experiencias de ingeniería de exploración del espacio profundo, Chang'e 2 continuó llevando a cabo tareas extendidas y se diseñó una misión de tres fases y múltiples objetivos, el punto L2 Sol-Tierra y los asteroides cercanos a la Tierra fueron seleccionados como la ruta y dirección de las misiones extendidas, el propósito básico era adentrarse más en el espacio interplanetario; el 23-05-2011 de 2011, la sonda obtiene la cobertura completa de la superficie lunar y continúa trabajando en órbita durante una fase de misión extendida; el 8-06-2011, completa su misión extendida y deja su órbita lunar hacia el punto LaGrange L2 (un punto de gravedad estable en el lado de la Tierra opuesto al Sol).

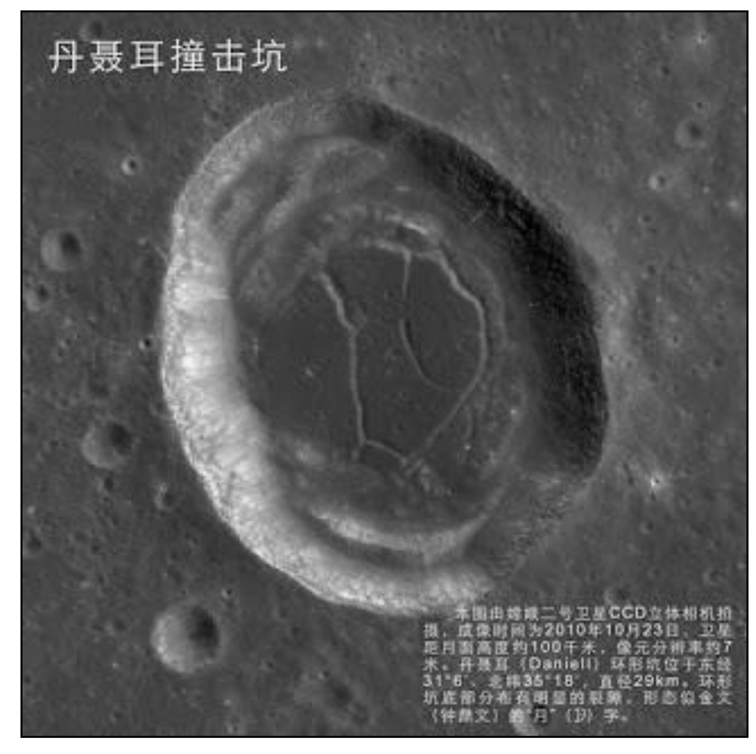
El 8-11-2010, el gobierno chino anuncia el éxito de todos los objetivos de la misión de Chang'e 2, y publica imágenes de la superficie lunar con una resolución de hasta 1,3 m, en 2012, el gobierno chino publica un mapa lunar completo, afirmando que era el mapa de mayor resolución de la Luna registrado hasta el momento.






虹湾局部三维景观图
虹湾局部三维景观图由嫦娥二号CCD立体相机在距月面19千米轨道上获得的影像数据，结合两线阵摄影测量处理获得的数字高程模型(DEM)数据，经三维动态渲染后制作而成。图像分辨率约1.3米，DEM空间分辨率约4米。图中最大的环形坑直径约2千米，深约450米。数据获取时间为2010年10月28日。


极区典型环形坑


丹聂耳撞击坑
本图由嫦娥二号卫星CCD立体相机拍摄，成像时间为2010年10月23日，卫星距月面高度约100千米，像元分辨率约7米。丹聂耳（Daniell）环形坑位于东经31°6′、北纬35°18′，直径29km。环形坑底部分布有明显的裂隙，形态似金文（钟鼎文）的“月”字。

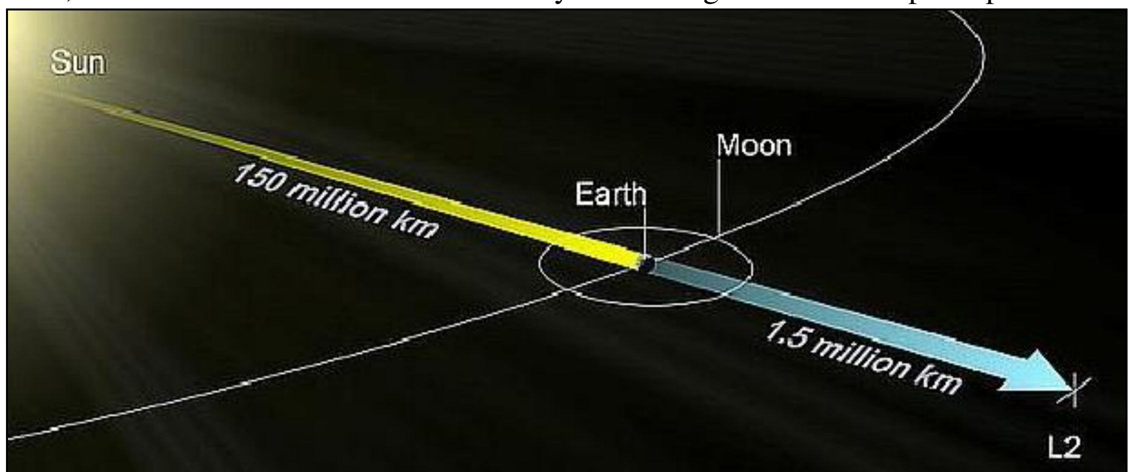
El 25-08-2011, la sonda alcanza el punto LaGrange L2 Sol-Tierra después de un crucero de 77 días, convirtiéndose en el primer objeto en alcanzar el punto L2 directamente desde la órbita lunar y viajando más lejos que cualquier sonda espacial china anterior, en 2011, la sonda transmite los primeros datos observados mientras orbitaba la L2 (primera vez que una nave espacial de China volaba más allá de la Luna) el 13-12-2012, la sonda espacial había completado un sobrevuelo cercano del asteroide Toutatis (de 5 Km de longitud) adquiriendo imágenes de cerca del asteroide y utilizando sus instrumentos para obtener datos científicos a distancias de 240 a 93 Km y tomando un conjunto de imágenes con una resolución máxima de 10 m/px, el 14-07-2013, la sonda había alcanzado una distancia de 50 millones de Km de la Tierra, las misiones extendidas tuvieron el objetivo de probar la red de control y seguimiento de naves espaciales de China, en 2015, Chang'e 2 había alcanzado una distancia de más de 100 millones de Km de la Tierra.

El sobrevuelo fue la primera vez que una nave espacial no tripulada tomó imágenes del asteroide tan de cerca, la sonda Chang'e-2 se acercó a 3,2 Km de Toutatis y tomó fotografías del asteroide a una velocidad relativa de 10,73 Km/seg, de esta manera China se convirtió en la cuarta agencia espacial en realizar una misión exitosa a un asteroide, después de la NASA, ESA y JAXA.



Resultados

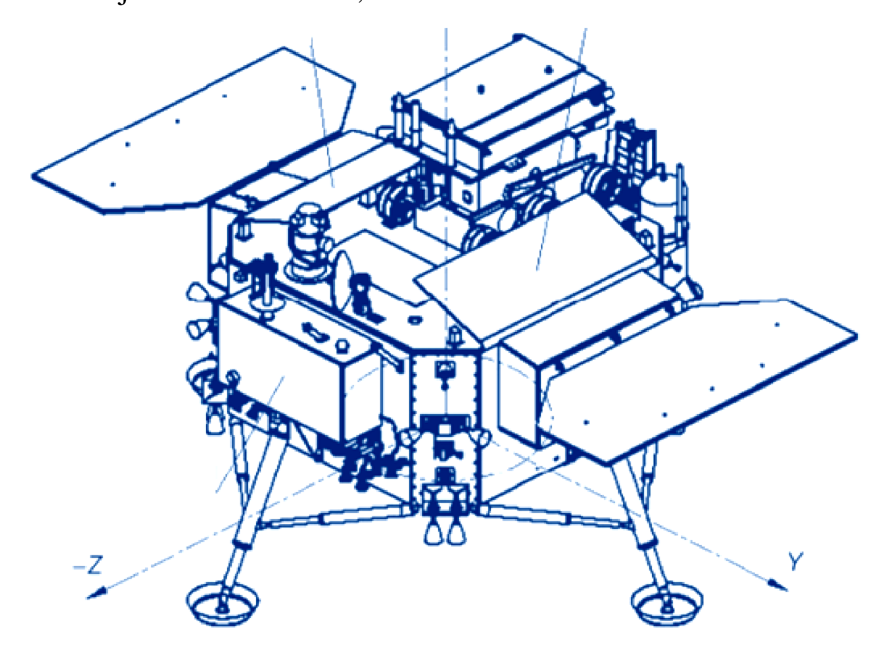
La sonda obtuvo aproximadamente 6 TB de datos brutos, incluidas imágenes lunares generales de alta resolución, imágenes locales de la región Sinus Iridium y datos ambientales Tierra-Luna, demostró todas las tecnologías de control de vuelo en órbita y maniobras, logrando un gran avance en la tecnología de transferencia directa para el vuelo en órbita Tierra-Luna, logró avances en algunas tecnologías clave que se aplicaron al campo de gravedad no uniforme de la Luna y al entorno de superficie irregular, como el diseño de la órbita casi congelada, la alineación de inercia autónoma de la sonda, el parcheo de la órbita de maniobra; también realizó una órbita circular de 100 Km y una órbita elíptica de 100 x 15 Km y maniobró por primera vez, diseñó dos tipos de métodos de compensación para la relación velocidad-altura mediante la tecnología de imágenes TDI, incluida la entrada desde el suelo de datos de frecuencia horizontal y datos altimétricos suplementarios a bordo, que resolvieron los problemas de determinación de alta precisión para real coincidencia de la órbita temporal y de los parámetros integrales; también obtuvo imágenes estereoscópicas de la luna completa con una resolución de 7 m e imágenes parciales con una resolución de 1,3 m, desarrolló y aplicó tecnología de banda X de transpondedor digital de alta sensibilidad basada en un sistema de portador uniforme; también demostró el uso del sistema y la tecnología TT&C de espacio profundo de banda X.

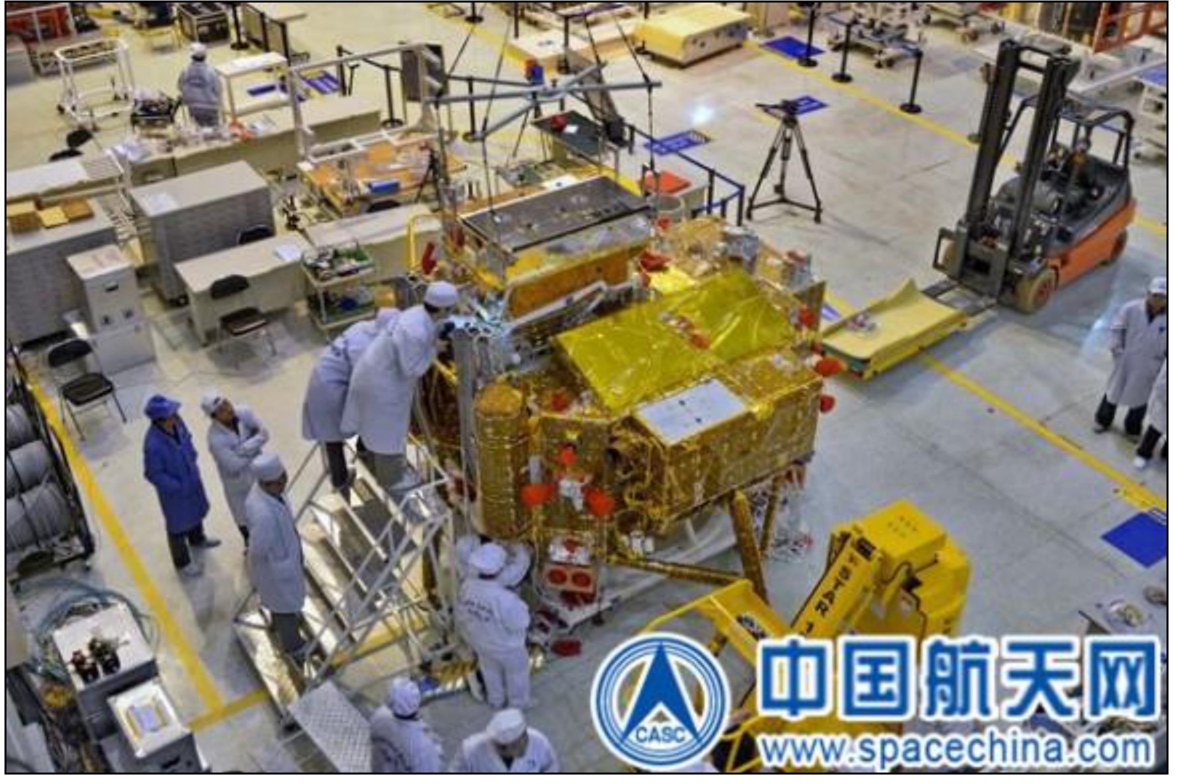


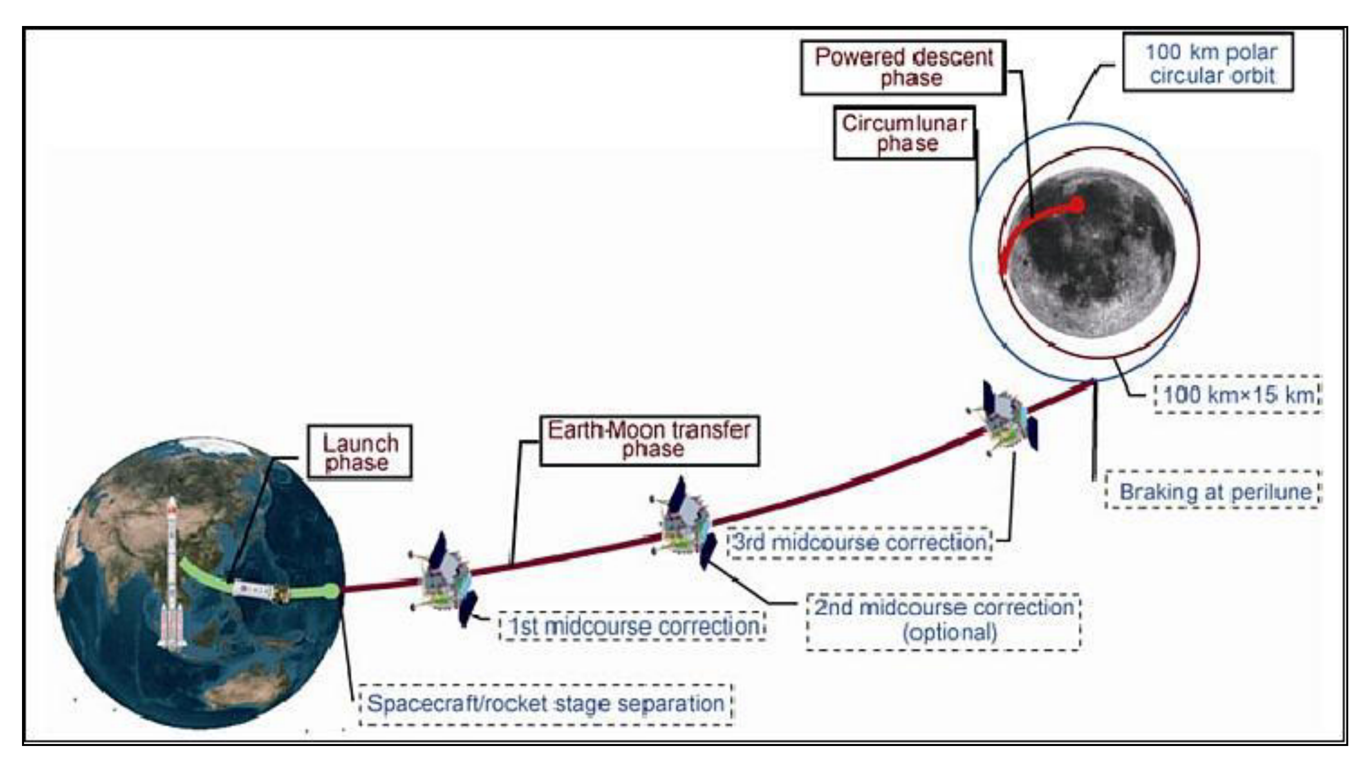
Llevó a cabo demostraciones de tecnología de larga duración de la línea de gas de alta presión del sistema de propulsión, proporcionando la base para maniobras en órbita altamente intensivas (un período de tiempo de más de 2 años durante el cual se realizaron más de 10 maniobras en órbita) y seguimiento de la exploración de asteroides y puntos LaGrange Sol-Tierra L2, por primera vez, la sonda realizó el monitoreo y la obtención de imágenes de la fase de crucero Tierra-Luna, obtiene imágenes dinámicas en tiempo real de algunos procesos críticos, como el despliegue del panel solar, despliegue/rotación de la antena, encendido del motor principal, etc. Bajo el entorno de múltiples cuerpos (Sol, Tierra, Luna y nave espacial) y frente a las dificultades de perturbación del punto de libración de gravedad Sol-Tierra, no hay solución analítica para el diseño de la órbita, la larga distancia de TT&C, Chang'e 2 resolvió el diseño del colector del sistema no lineal, la tecnología de control de órbita de baja transferencia de energía, realizó el diseño de la órbita y el control de vuelo del vuelo Luna-L2 por primera vez en la historia de la astronáutica; realizó la exploración desde la Luna hasta el punto L2, realizó un seguimiento del espectro de energía de iones de la cola magnética distante de la Tierra, estallidos de erupciones solares y estallidos γ cósmicos, convirtiendo a China en el tercer país en hacer este tipo de investigaciones; sobre la base de las estrictas restricciones de energía, distancia, tiempo y características físicas del objetivo, se presentó la estrategia de selección del asteroide potencial, mientras se acercaba la exploración de sobrevuelo y la tecnología de imágenes de observación de puntos gradualmente lejanos, basada en el encuentro de alta velocidad; aprovechando la característica del punto LaGrange, se realizó en primer lugar un sobrevuelo de asteroide desde el punto LaGrange bajo las limitaciones del propulsor de la sonda, los éxitos de Chang'e 2 han avanzado el desarrollo de la tecnología espacial de China y han promovido la capacidad de las naves espaciales de China, acumulando experiencia para el futuro programa de exploración del espacio profundo de China.

Misión Chang´e 3

Misión encabezada por la Administración Estatal de Ciencia, Tecnología e Industria para la Defensa Nacional (SASTIND) el contratista principal de la sonda era la Academia China de Tecnología Espacial de la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China, que a su vez, contrató al Instituto de Ingeniería de Sistemas Aeroespaciales de Shanghai para diseñar y desarrollar la nave, Chang'e-3 fue parte de la segunda fase del programa CLEP, que incluye orbitar, aterrizar y regresar a la Tierra, el objetivo de esta misión era alunizar suavemente y el despliegue de un rover para la exploración de áreas circundantes al lugar de alunizaje, siendo la primera nave espacial en 37 años en realizar un aterrizaje suave en la luna, desde la misión soviética Luna-24 en 1976.



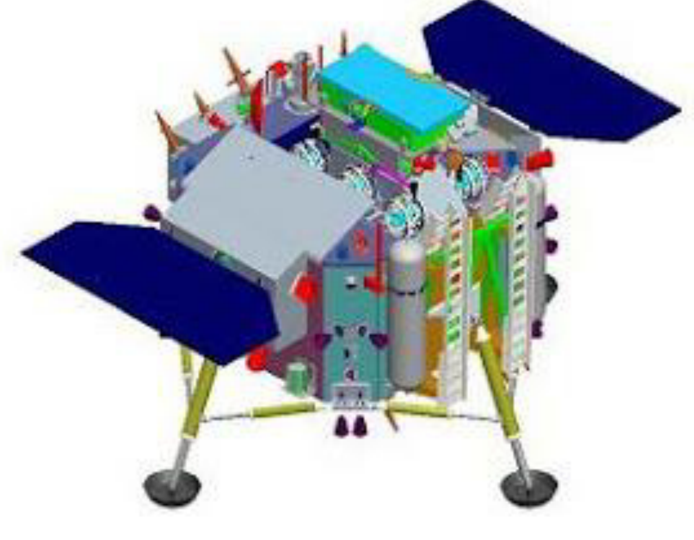




Circumlunar phase
1. Preparation for landing
2. Primary deceleration
3. Quick adjusting
Attitude quick adjusting
4. Approaching
Optical coarse avoidance
5. Hovering
Hover for imaging
6. Hazard avoidance
Precise avoidance
7. Constant low velocity descent

Componentes de la misión

La sonda constaba de dos módulos: un vehículo de alunizaje suave lunar (LLV) y un vehículo de exploración de la superficie (rover) capaz de navegar de forma autónoma; denominado Yutu (conejo de jade) luego de una encuesta on line que buscaba propuestas de nombres en todo el mundo; el LLV y el rover pesaban alrededor de 3800 Kg, sus patas de aterrizaje creaban una luz de 4,76 m (posado en la superficie, el cuerpo del LLV estaba a una altura de 0,83 m sobre la superficie) ambos estaban equipados con una carga útil científica, los objetivos científicos incluían principalmente la topografía de la superficie lunar y el estudio geológico, la composición del material de la superficie lunar y el estudio de los recursos, la detección del entorno espacial Sol-Tierra-Luna y la observación astronómica basada en la luna, también realizar la primera medición de radar directa de la estructura y profundidad del suelo lunar hasta una profundidad de 30 m e investigar la estructura de la corteza lunar hasta varios cientos de m de profundidad.

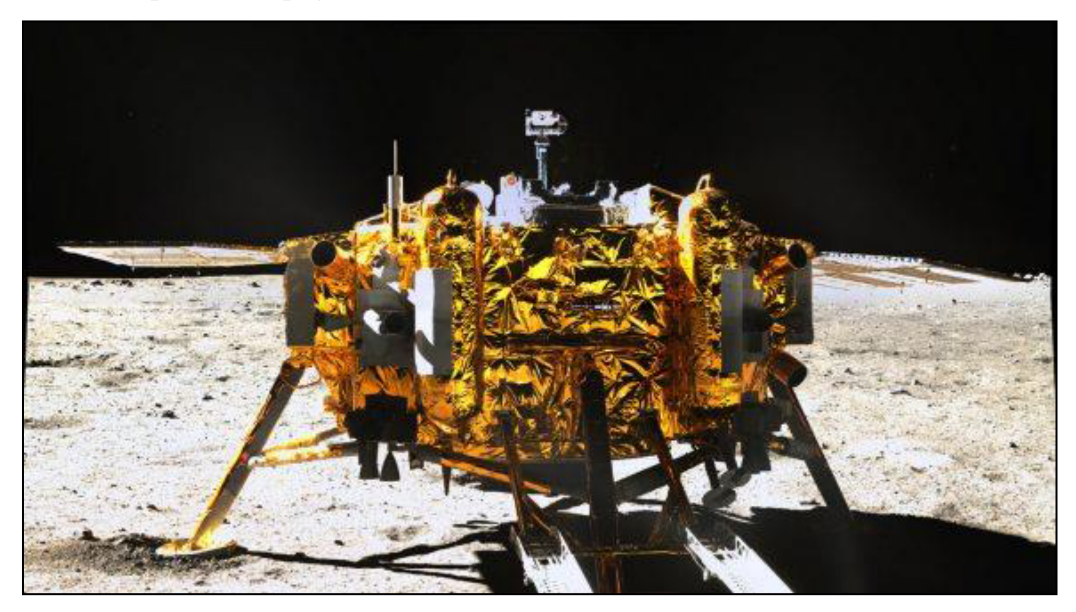


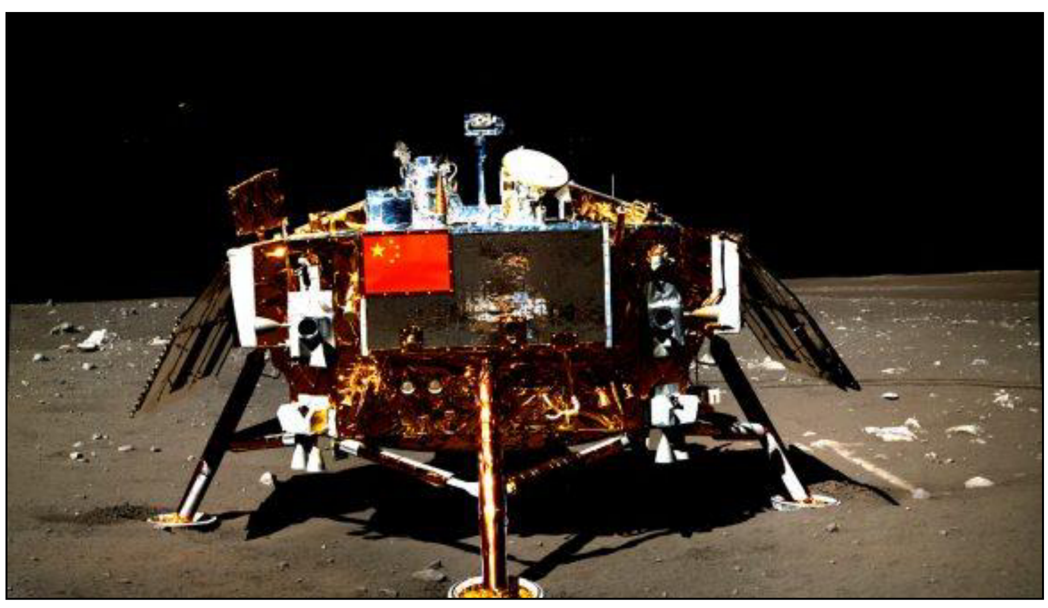


Lander (LLV)

El LLV utilizaba una combinación de paneles solares (que se desplegaban en el vuelo y al alunizar) y un GPHS-RTG (Generador termoeléctrico de radioisótopos de fuente de calor de uso general) para cumplir con sus requisitos de energía utilizando dióxido de Plutonio 238 como combustible, también utilizó una combinación de sistemas de control térmico activos y pasivos, mantas de aislamiento multicapa cubrían grandes porciones del LLV para proteger del calentamiento solar excesivo y del enfriamiento cuando se exponía al vacío del espacio durante la noche, el sistema de control térmico activo constaba de calentadores eléctricos resistivos que se activaban mediante los datos del termostato, la energía del calentador era suministrada por los paneles solares y las baterías durante el día lunar; debido a que las baterías no durarían más de los 14 días de la noche lunar, los calentadores también usaban energía proporcionada por el RTG.

La mayor parte de la energía proporcionada por el RTG se usaba para los calentadores y una pequeña fracción se usó para mantener el modo de suspensión nocturna lunar del LLV en el que todos los sistemas, excepto los de control crucial y los sistemas de limpieza, se apagaban.



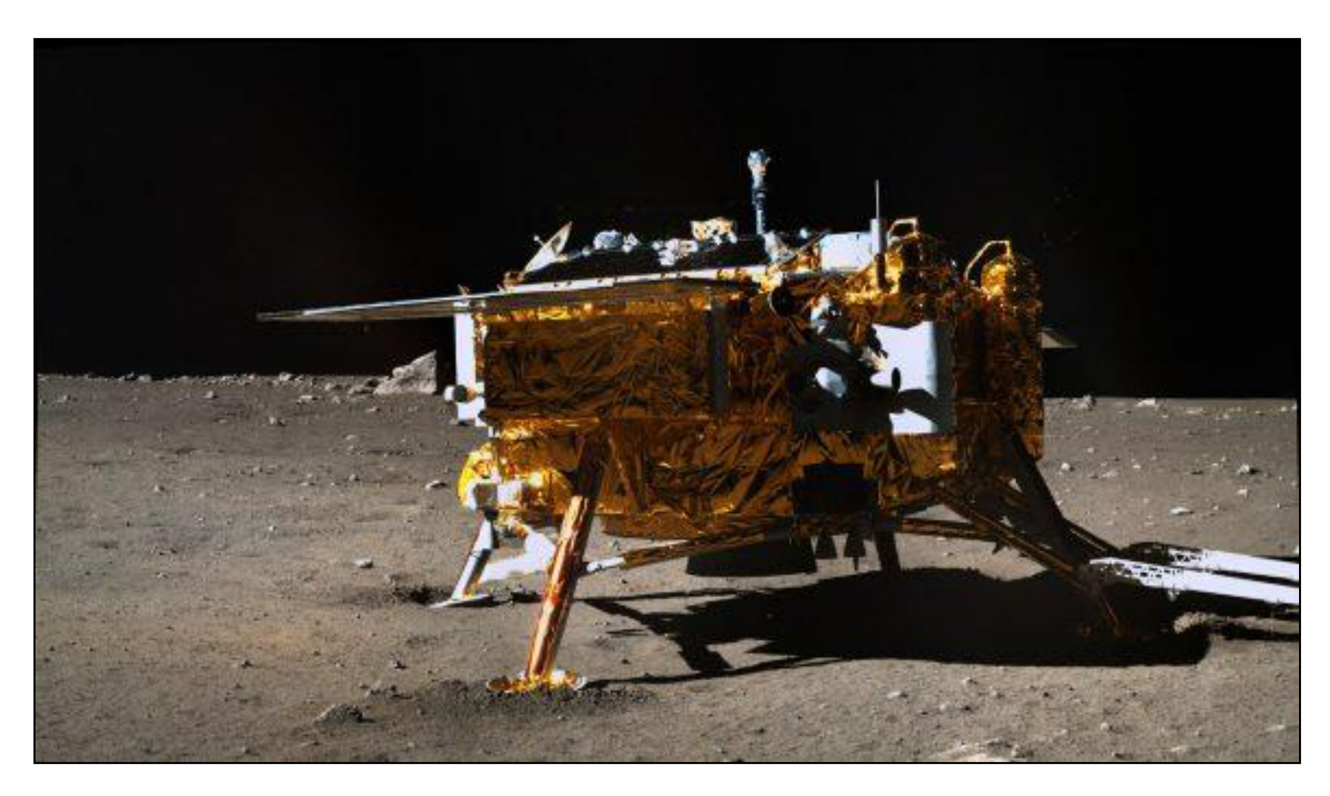


Estaba equipado con un único motor principal que fue desarrollado para la misión como el primer motor de China para aplicaciones espaciales, de alto impulso específico utilizaba un dispositivo regulador de caudal de tipo pivote para ajustar su salida de empuje. Usando una boquilla de 60 cm con una relación de área alta, el motor estaba optimizado para funcionar en condiciones de vacío, la presurización del tanque de propulsante se logró mediante el uso de un gas a alta presión.

Además de su sistema de propulsión principal, también llevaba un sistema de control de actitud que constaba de 28 propulsores (inclinados para permitir el control de tres ejes) instalados en los paneles laterales.

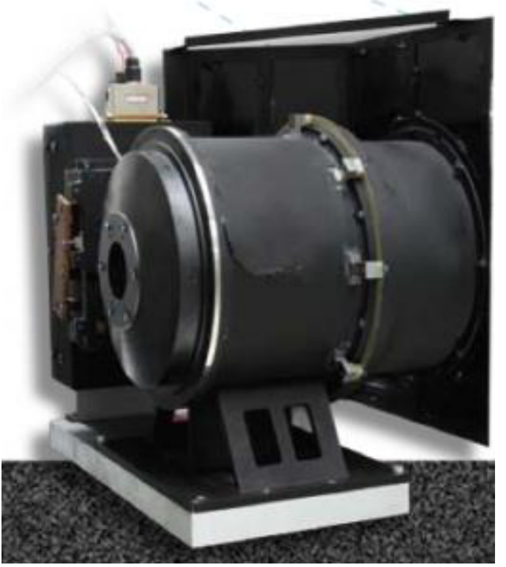
Durante la secuencia de aterrizaje, el LLV se deja caer desde una altitud de 4 m sobre la superficie lunar, lo que requería de un sistema de aterrizaje amortiguado, este sistema utilizaba cuatro patas principales en un ángulo de 30º con respecto a la estructura equipadas con almohadillas para evitar hundirse en la superficie, los puntales secundarios multifuncionales y de una sola función estaban unidos a las patas de aterrizaje para proporcionar puntos de sujeción adicionales al cuerpo del LLV, la distancia entre las patas era de 4,76 m, mientras que el cuerpo central tenía una planta cuadrada de 2,5 m; para encontrar con precisión su lugar de alunizaje, estaba equipado con varios sistemas de navegación, utilizando múltiples fuentes de información de navegación proporcionadas a su computadora principal para deducir datos precisos de altitud y velocidad.

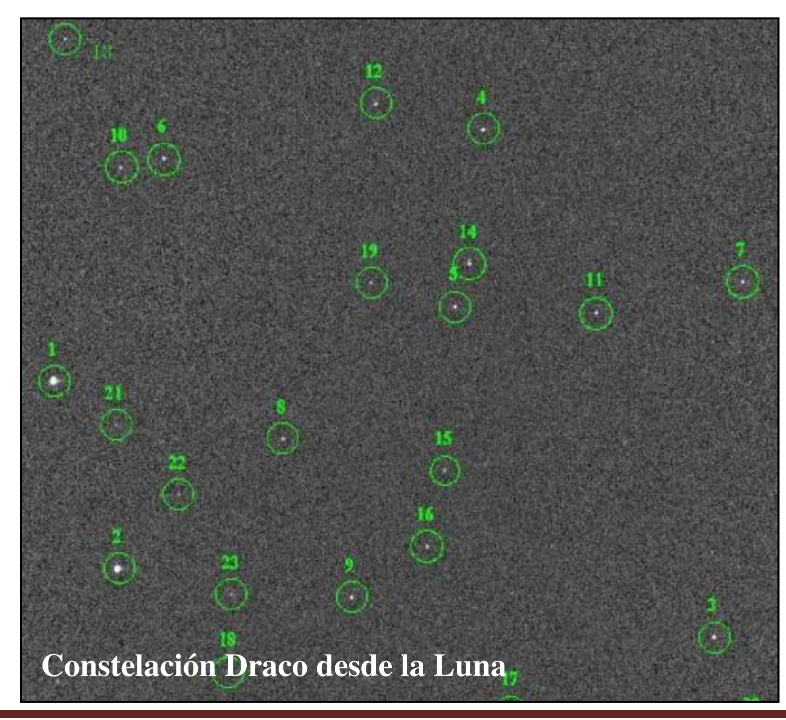
Las mediciones de rango y velocidad eran proporcionadas por un sistema de rango láser y un sensor de rango de microondas que se activaba una vez que el lander había alcanzado una cierta altitud y orientación sobre la superficie lunar (inicialmente, el LLV volaba horizontalmente, provocando un encendido de frenado retrógrado antes de cambiar su actitud para el descenso vertical) una vez en su segmento de vuelo estacionario -a unos 100 m sobre la superficie- comenzaba a adquirir imágenes utilizando su cámara de descenso, la computadora utilizaba un algoritmo de reconocimiento de obstáculos recientemente desarrollado utilizando imágenes ópticas y datos de elevación en 3D, para el descenso final, el LLV utilizaba el Altímetro de Rayos γ, que proporcionaba datos precisos de altitud al vehículo y para detectar el punto de corte del motor a 4 m sobre la superficie lunar; para las comunicaciones y transmisión de datos se utilizó un transpondedor de Banda X.



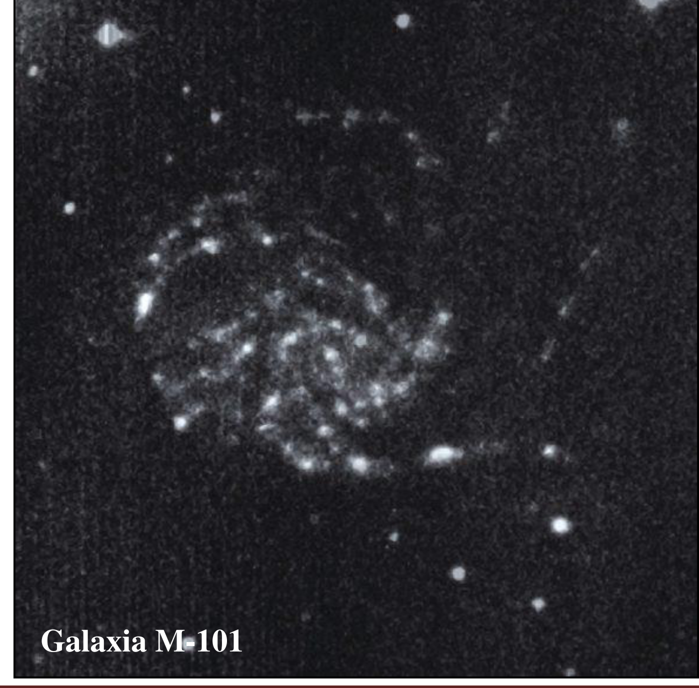
Telescopio UV basado en la Luna (LUT)

El LLV estaba equipado con un telescopio Ritchey-Chrétien con un espejo primario de 15 cm, relación focal F/3,75 y cubría un campo de 1,36º que se utilizaba para observar objetos celestes en la Banda UV cercana (245-340 nm) y capaz de detectar objetos con un brillo de mag. 13 en exposiciones de 30 seg, la exosfera delgada y la lenta rotación de la Luna permitían también observaciones extremadamente largas y sin interrupción de un objetivo, el LUT fue el segundo telescopio sobre la superficie lunar luego del que llevó la misión Apollo 16, y el primer observatorio astronómico lunar que realizó observaciones de los cuerpos celestes para estudiar su variación de luz y mejorar los modelos actuales, funcionó hasta mediados de 2015, observó un total de 86467 fuentes en UV cercano, la mayoría estrellas hasta la magnitud 17.5, como el LLV alunizó en el hemisferio N la zona de observación estaba centrada alrededor del polo N lunar (que coincide aproximadamente con el polo N de la eclíptica (el plano de la órbita terrestre) y no con el polo N celeste de la Tierra, el telescopio estaba fijo sobre el lander y aprovechaba la rotación lunar para escanear el cielo, por lo que la región observada estaba en un cinturón circular comprendido entre las latitudes lunares 60º N y 80º N.





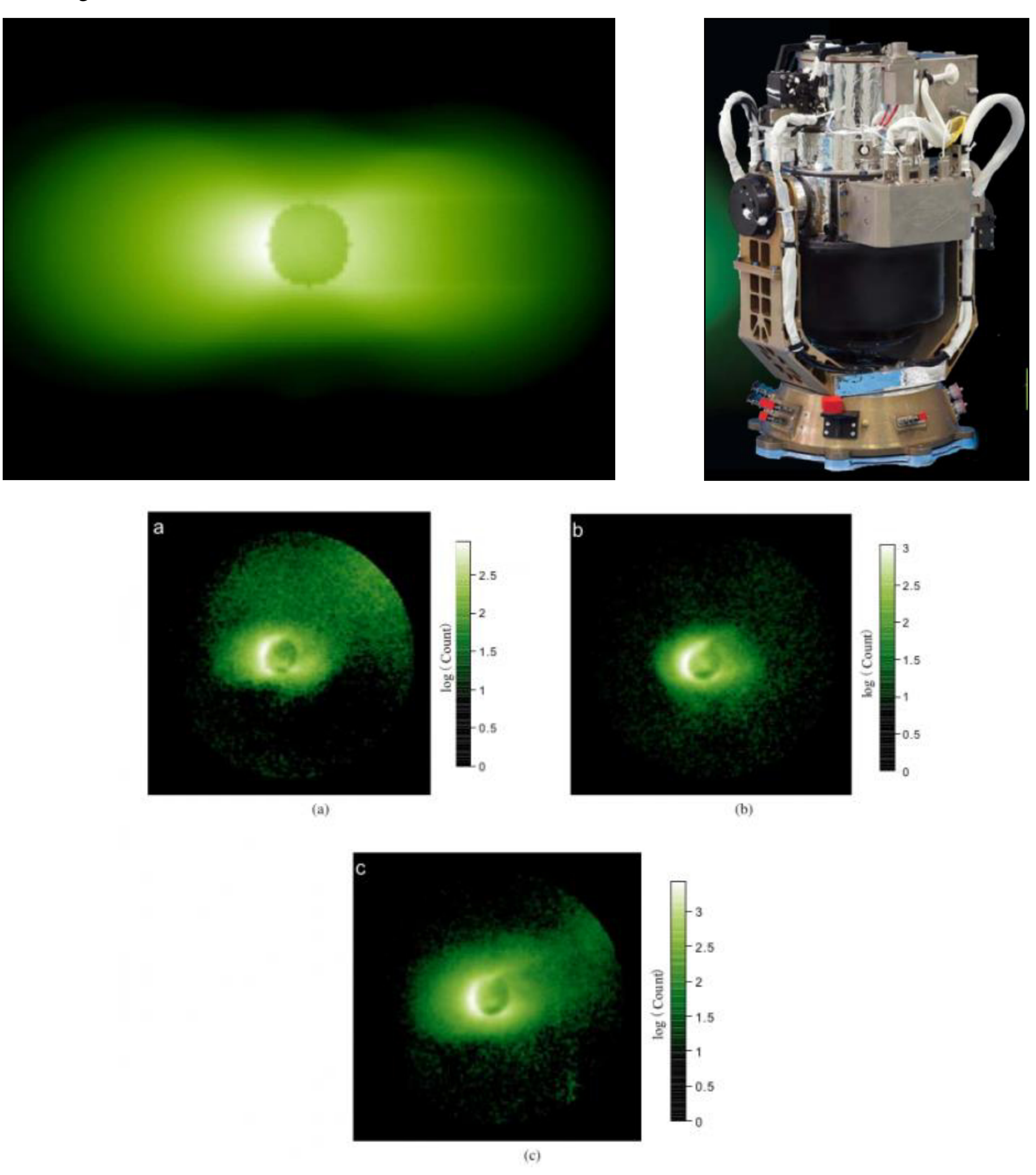
Constelación Draco desde la Luna



Galaxia M-101

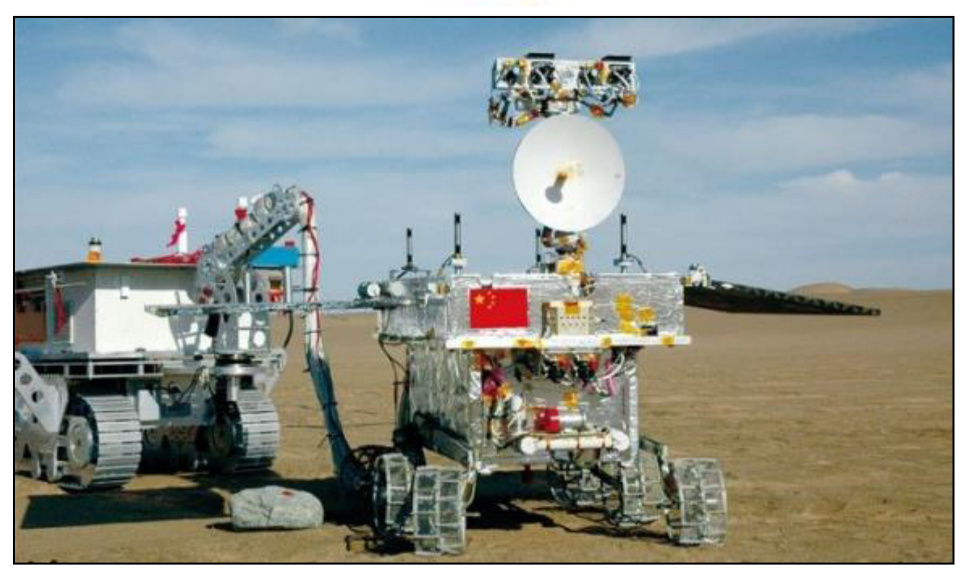
Cámara UV Extrema (EUV)

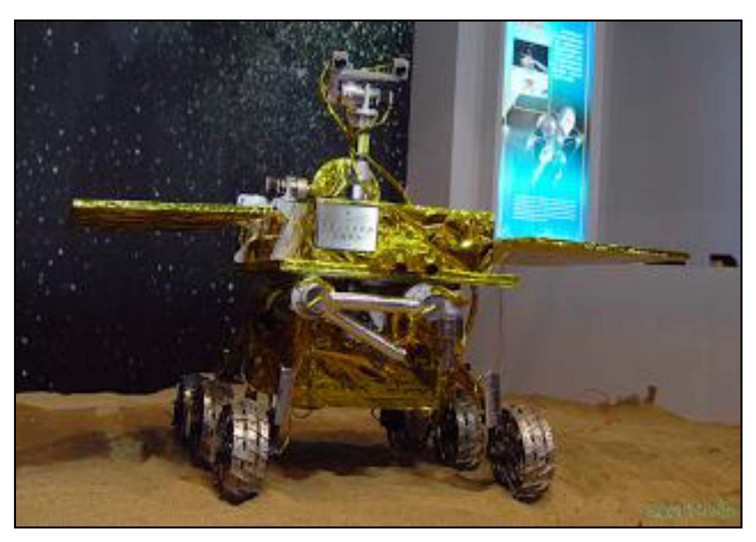
Ubicada en el LLV fue usada para obtener imágenes de la plasmasfera que rodea la Tierra, observando a 30,4 nm, capaz de estudiar la variación temporal de la esfera de plasma que rodea nuestro planeta con una resolución temporal de 10 min y una resolución espacial de 0,1 radios terrestres, el campo de visión de la cámara era de 16º y tenía una resolución angular de 0,095º.



Rover Yutu

El desarrollo del rover de seis ruedas comenzó en 2002 en el Instituto de Ingeniería de Sistemas Aeroespaciales de Shanghai y se completó en mayo de 2010, con un peso de 120 Kg, incluida una masa de carga útil de 20 Kg, contaba con un mástil con una altura de aproximadamente 1,5 m que llevaba cámaras de navegación y la antena de comunicación; el cuerpo del rover era de forma rectangular, contaba con dos paneles solares rectangulares para generar energía eléctrica, que estaban bloqueados en la cubierta superior durante el lanzamiento y el vuelo, desplegándose poco después de alunizar, y un brazo robótico que contenía parte de la carga útil, el vehículo operó durante varios meses y cargaba su batería gracias a los RHU (Radioisotope Heater Unit) de Plutonio-238 que llevaba en su interior para sobrevivir a la noche lunar; en su modo nocturno, el rover se apagaba y solo ejecutaba funciones básicas como el control del estado activo y la alimentación de los calentadores de supervivencia; utilizaba un sistema de suspensión del tipo boogie principal y secundario de seis ruedas (de similares características al rover Sojourner de la misión Mars Pathfinder) contaba con balancines a cada lado del sistema de suspensión que estaban conectados entre sí y al chasis a través de un diferencial, permitiéndole mantener el equilibrio, la estabilidad de inclinación del rover dependía de la altura de su centro de gravedad, pudiendo tolerar pendientes de hasta 20º y superar obstáculos de hasta 20 cm de tamaño, las ruedas funcionaban individualmente, los motores de dirección se utilizaban en las ruedas delanteras y traseras, lo que permitía al rover pudiera girar sobre su eje, fue diseñado para un alcance de aproximadamente 10 Km desde el LLV.

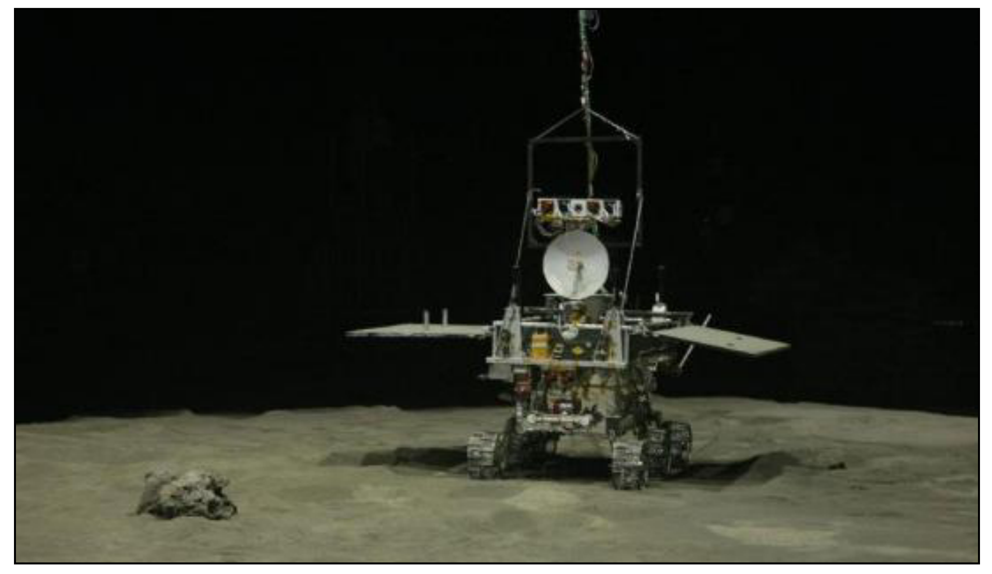


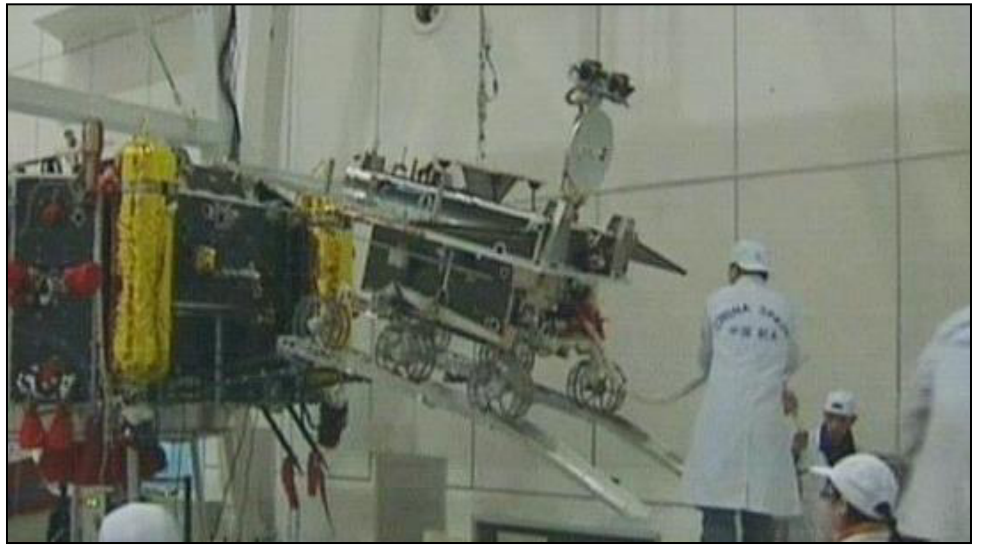




El control y navegación del rover utilizaba un algoritmo integrado que analizaba las imágenes adquiridas por las cámaras de navegación y prevención de peligros en tiempo real, utilizando una herramienta de análisis de imágenes estéreo, de esta manera, el rover podía reconocer obstáculos y peligros para evitarlos automáticamente, además, poder identificar objetivos de conducción y planificar de forma autónoma el camino hacia la ubicación del objetivo, determinando constantemente su propia actitud utilizando sus sensores integrados e identificando su posición relativa utilizando imágenes en tiempo real, un colector mecánico, diseñado por la Universidad Politécnica de Hong Kong, permitía recolectar muestras de suelo lunar para su análisis.

El vehículo estaba firmemente sujeto a la cubierta superior del LLV, uno de los desafíos del diseño del LLV fue encontrar una manera de llevar el rover a la superficie desde la cubierta superior del LLV mientras se minimizaba el peso total de la nave, luego de alunizar, la conexión entre el LLV y el rover se corta utilizando métodos no especificados y dos rampas, almacenadas en posición vertical en el panel lateral del LLV, se despliegan en una posición horizontal para que el rover pueda rodar sobre ellas desde la cubierta superior, luego, la rampa se bajaba cuidadosamente utilizando un sistema electromecánico para tocar la superficie y mantener un ángulo dentro de las especificaciones del sistema de movilidad del rover, de modo que el vehículo pueda rodar con seguridad por la rampa y comenzar su misión de exploración de superficie, también llevaba un espectrómetro de rayos X de partículas α (APXS) y un espectrómetro IR , destinados a analizar la composición de elementos químicos de las muestras lunares, el APXS era la única carga útil del brazo robótico.

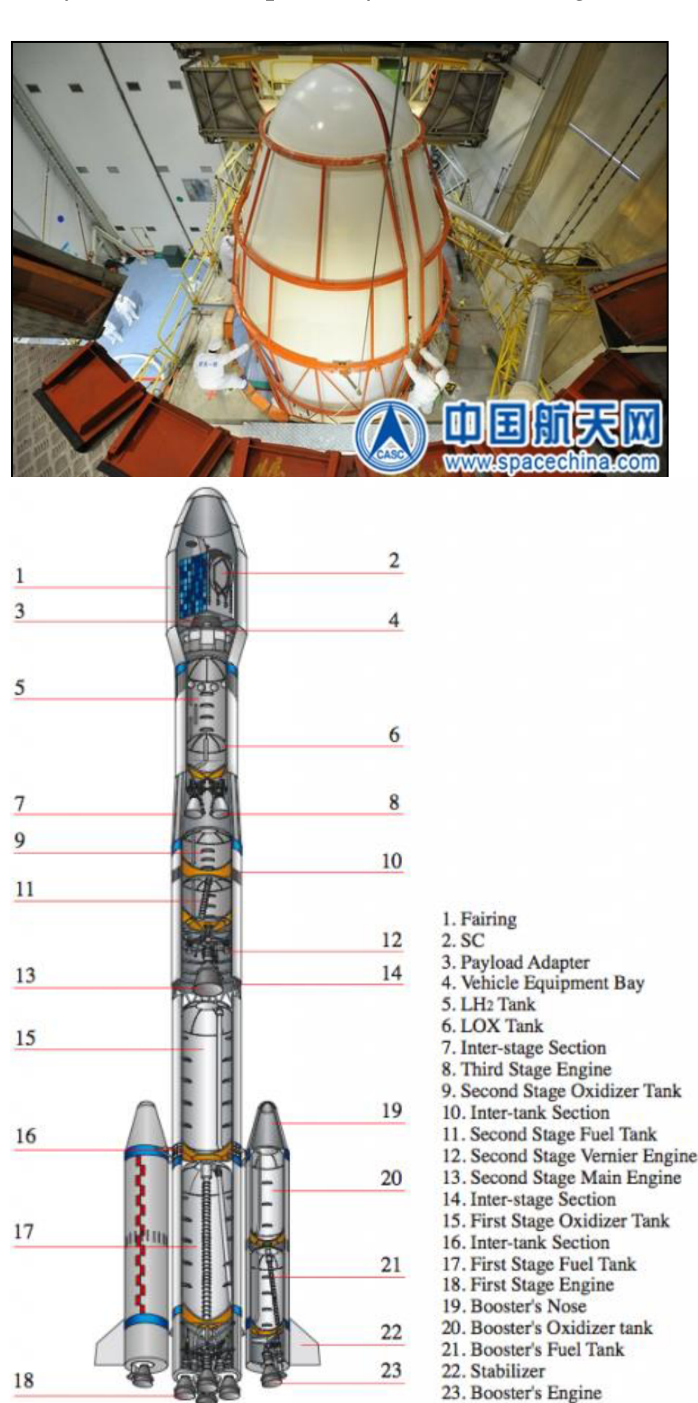




Lanzamiento

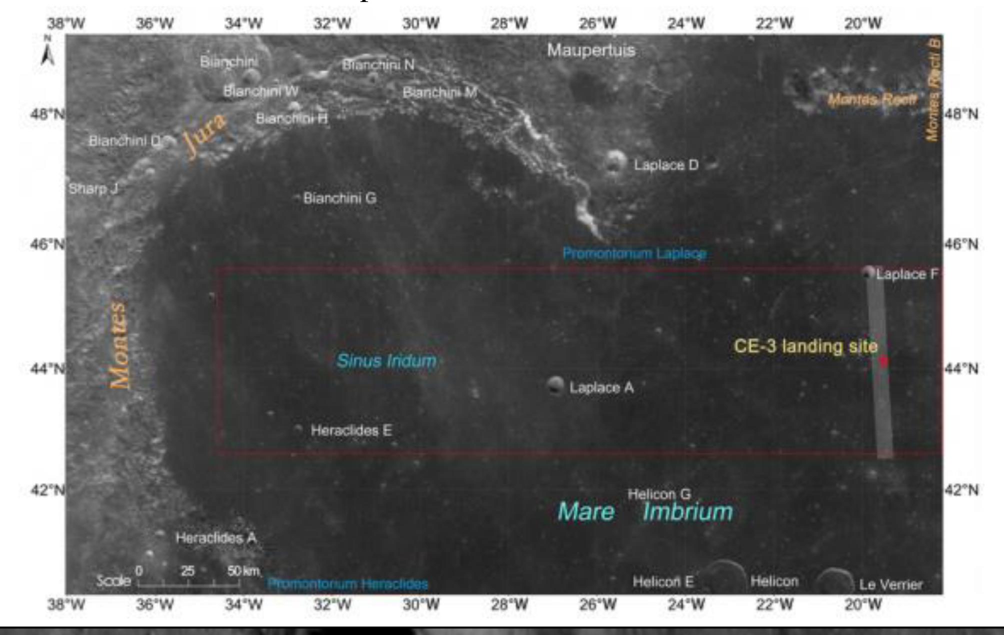
La nave espacial se lanzó el 1-12-2013 desde el Centro de lanzamiento de Satélites de Xichang a bordo de un cohete CZ-3B) después de su trayectoria translunar y de separarse del Módulo de Servicio, el 06-12 entró en una órbita lunar circular de 100 Km de altura, la órbita se obtuvo después de 6 minutos de frenado de su único motor principal, más tarde, la nave adoptó una órbita elíptica de 15x100 Km, el alunizaje tuvo lugar una semana después, el 14-12, sus propulsores variables se encendieron nuevamente para reducir su velocidad, descendiendo a 100 m sobre la superficie lunar, manteniéndose a esa altitud y moviéndose horizontalmente bajo su propia guía para evitar obstáculos, antes de descender lentamente a 4 m sobre el suelo, momento en el que su motor se apagó para una caída libre, la ESA, utilizando las estaciones New Norcia, Australia y Cebreros, España, ayudó con el seguimiento adicional desde antes del alunizaje hasta varias horas después.

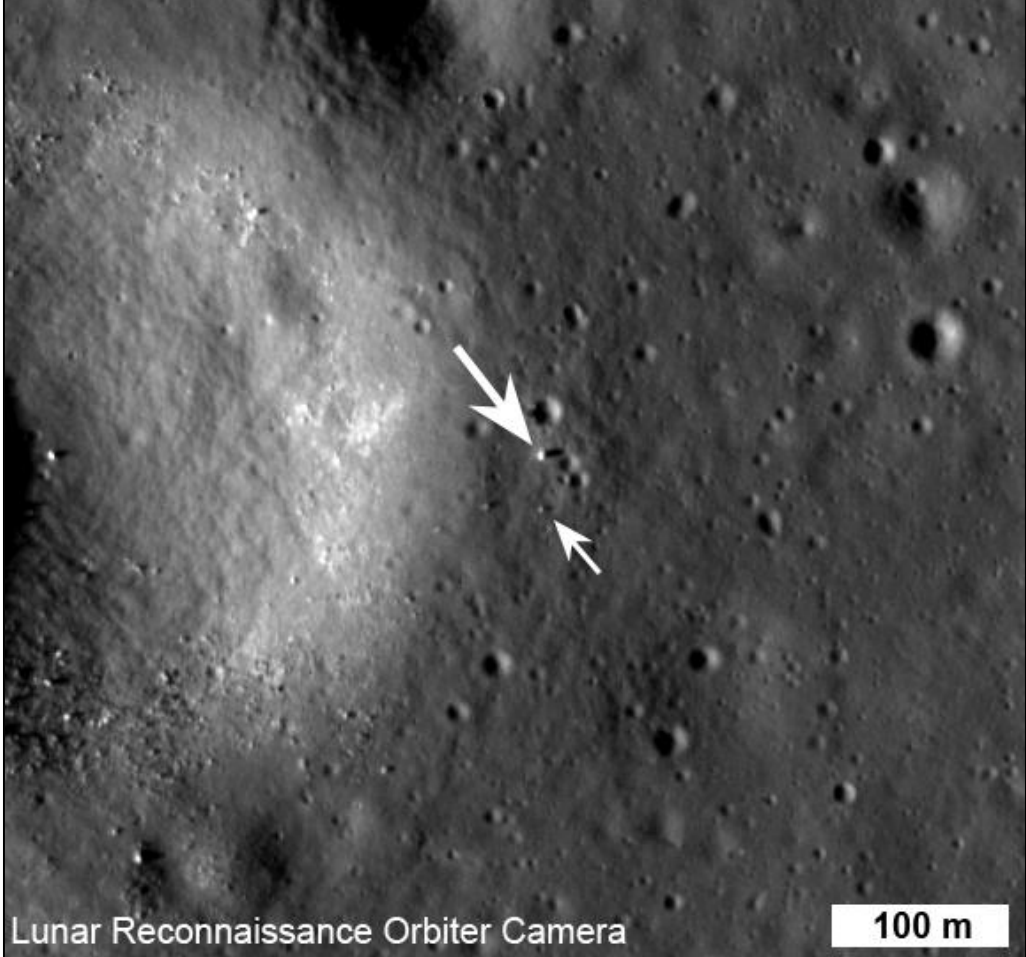


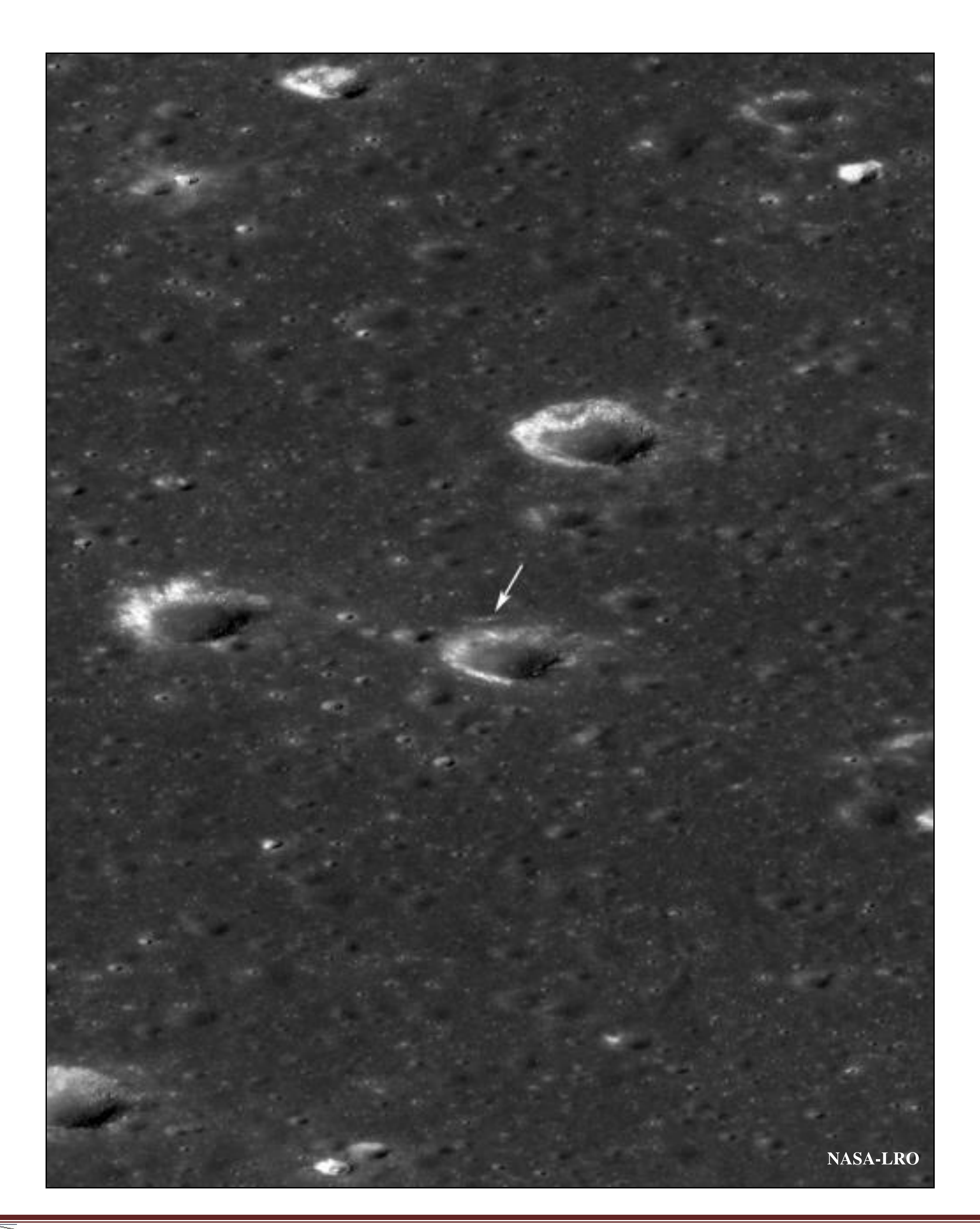


Sitio de alunizaje

Se utilizaron los datos topográficos lunares obtenidos en las misiones Chang'e 1 y Chang´e 2 para seleccionar un sitio de alunizaje, el sitio planeado era Sinus Iridum, pero el LLV en realidad descendió en Mare Imbrium (44,1214° N, 19,5116° O) a unos 40 Km al S del cráter Laplace F de 6 Km de diámetro.

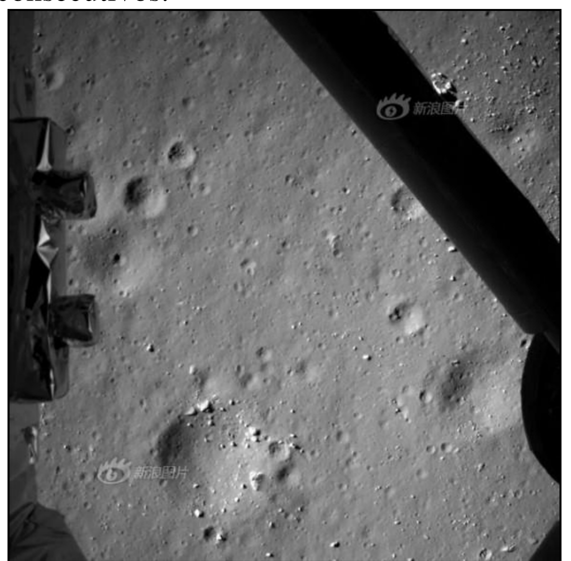





NASA-LRO

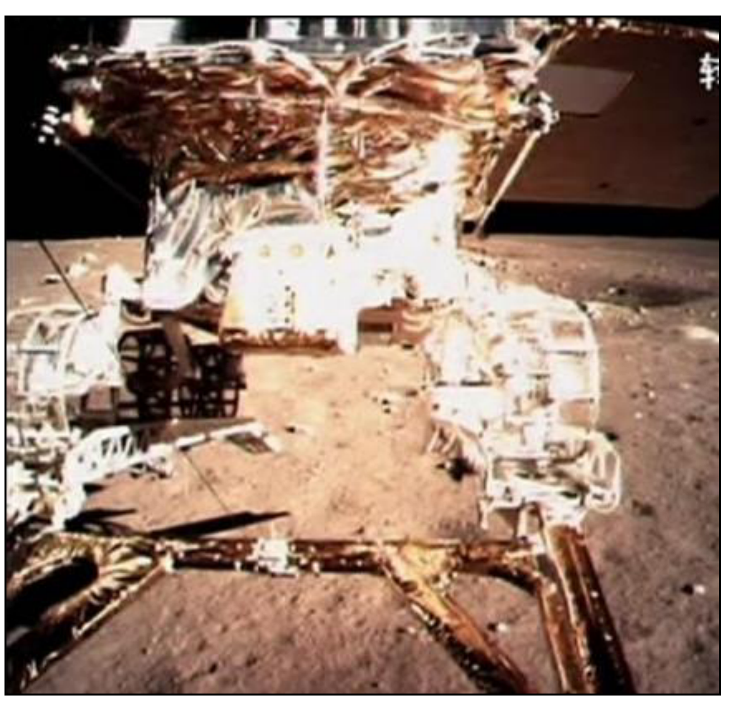
Operaciones en la superficie

El vehículo fue desplegado con éxito desde el LLV y entró en contacto con la superficie lunar el 14-12-2013, el 17-12-2013, se anunció que todos los instrumentos científicos, excepto los espectrómetros, se activaron con éxito, con tanto el LLV como el rover funcionaban como se esperaba, a pesar de las condiciones inesperadamente rigurosas del entorno lunar, desde el 16-12-2013 hasta el 20-12-2013, el rover permaneció inmóvil ya que sus sistemas estaban parcialmente apagados, la radiación solar directa elevó la temperatura en el lado expuesto del rover a más de 100 °C, mientras que el lado de sombra cayó por debajo de 0 °C, para el 22-12-2013, el rover había completado su misión científica inicial: fotografiar el LLV desde varios ángulos diferentes, siguiendo una ruta semicircular de N a S , mientras que el LLV también lo fotografiaba y filmaba al mismo tiempo, además de desplegar con éxito su brazo robótico, el rover completó las comprobaciones de diagnóstico el 23-12-2013 para asegurarse de que estaba preparado para la próxima noche lunar, y se movió al S del LLV; el LLV entró por primera vez en un estado de bajo consumo el 25-12-2013, y el rover el 26-12-2013 para ahorrar energía, ya que el LLV no recibiría luz solar durante 14 días consecutivos.

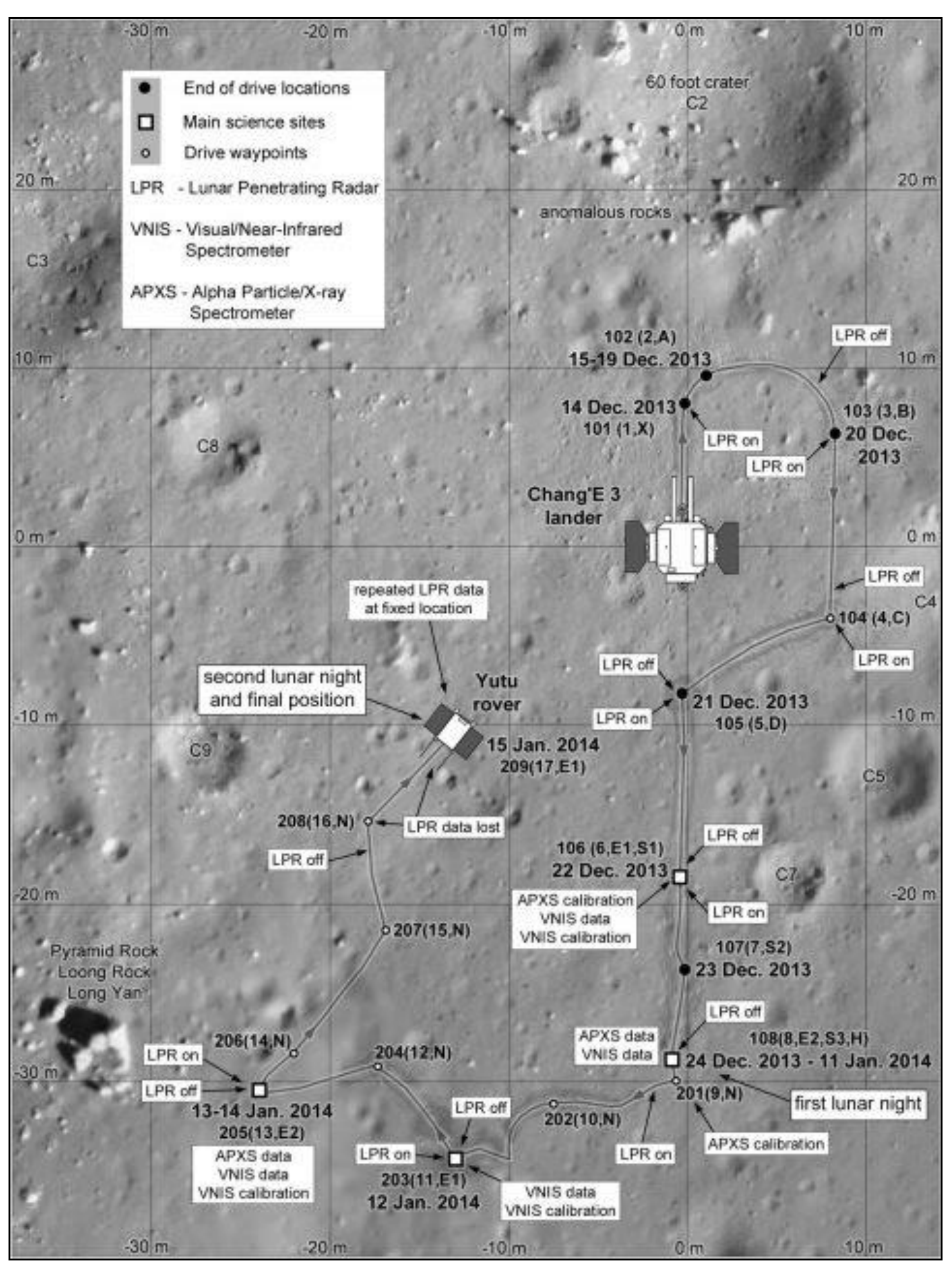






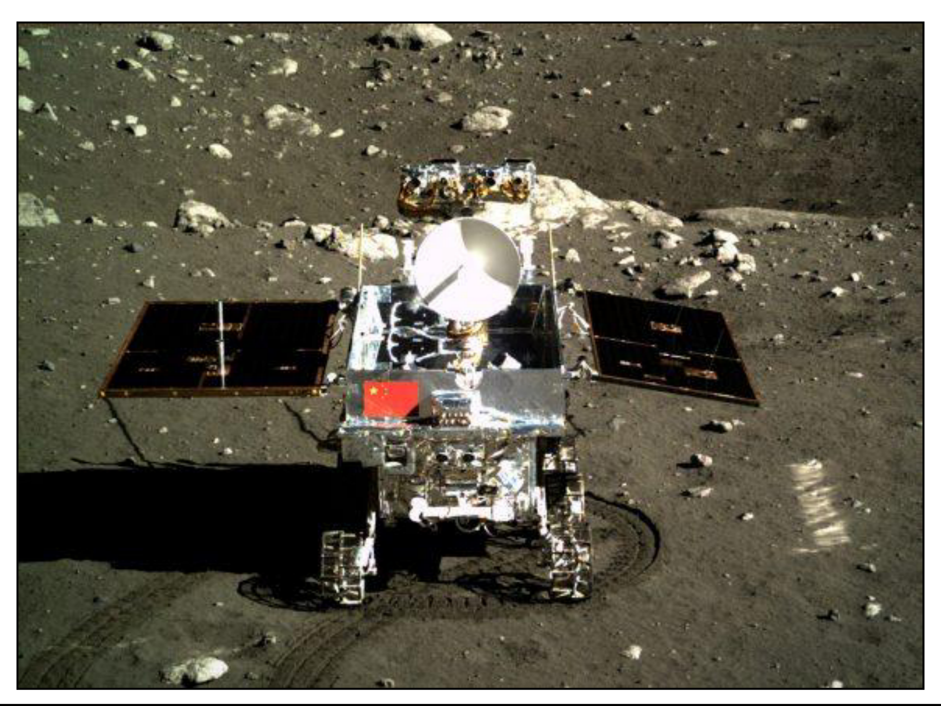


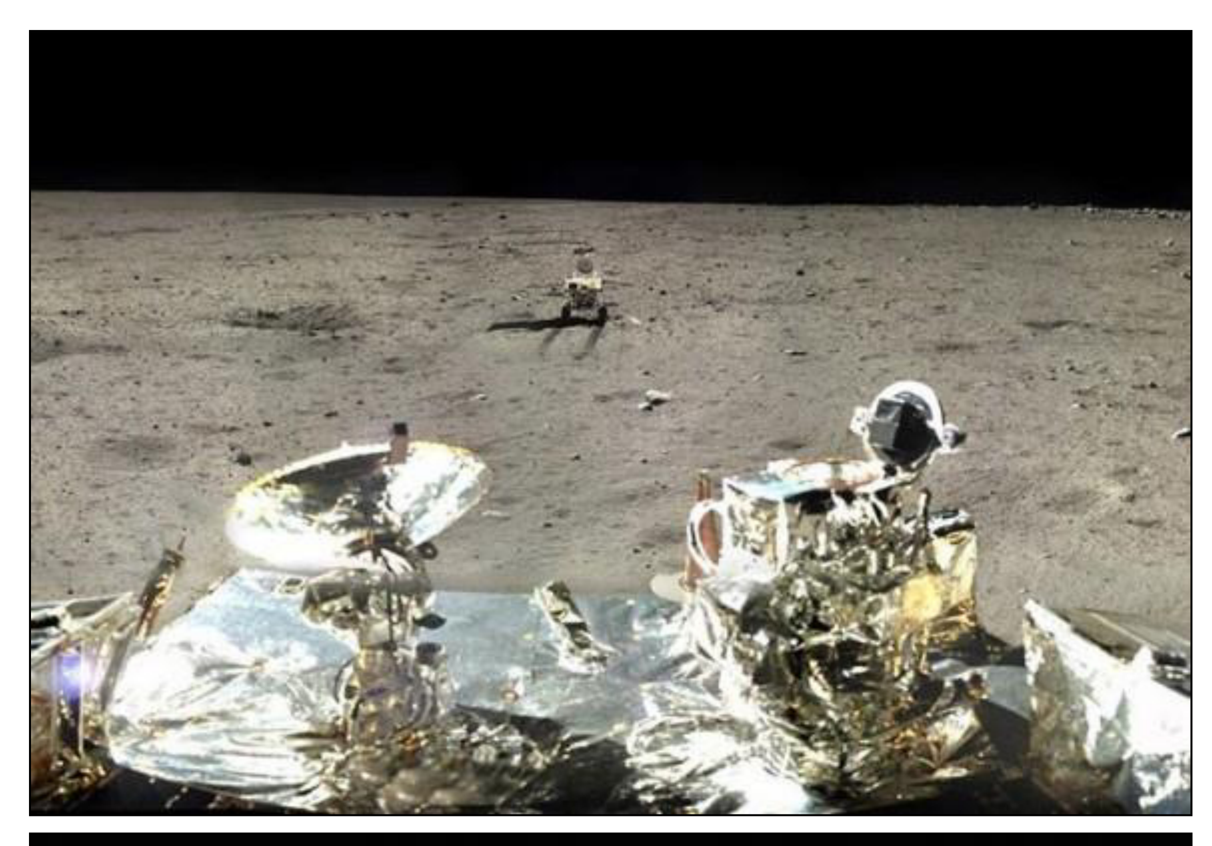
El 11-01-2014, después de la noche lunar, el rover salió del modo de suspensión y completó su primera inspección en la Luna, se movió a una distancia de 9 m del LLV (en esa posición, el rover giró sobre sí mismo 180º) y luego ambos vehículos se fotografiaron mutuamente, un acontecimiento que sirvió para que el equipo en la Tierra declarase el éxito total de la misión, el 16-01-2014 cinco de los ocho instrumentos del LLV y el rover fueron activados, incluyendo el LUT de la sonda y el radar del rover, el 25-01-2014, se anunció que el rover había sufrido una anomalía de control mecánico, causada por el complicado entorno de la superficie lunar, más tarde se hizo evidente que el rover sufrió un mal funcionamiento del circuito de control en su unidad de conducción, lo que le impidió entrar en la actividad normal y plegar el mástil y los paneles solares, el 12-02-2014, el fracaso de los intentos de comunicación hizo que se declarara inoperativo, el 13-02-2014 se restableció inesperadamente la comunicación con el Control de Misión en la Tierra; entró en su tercer período de hibernación el 22-02-2014 y continuó inmóvil, mientras persistían serias dificultades técnicas, lo que dificultaba aún más las operaciones científicas; durante el 15-04-2014, la misión fue testigo de un eclipse total de Sol por parte de la Tierra desde la superficie lunar.






WWW.NEWS.CN

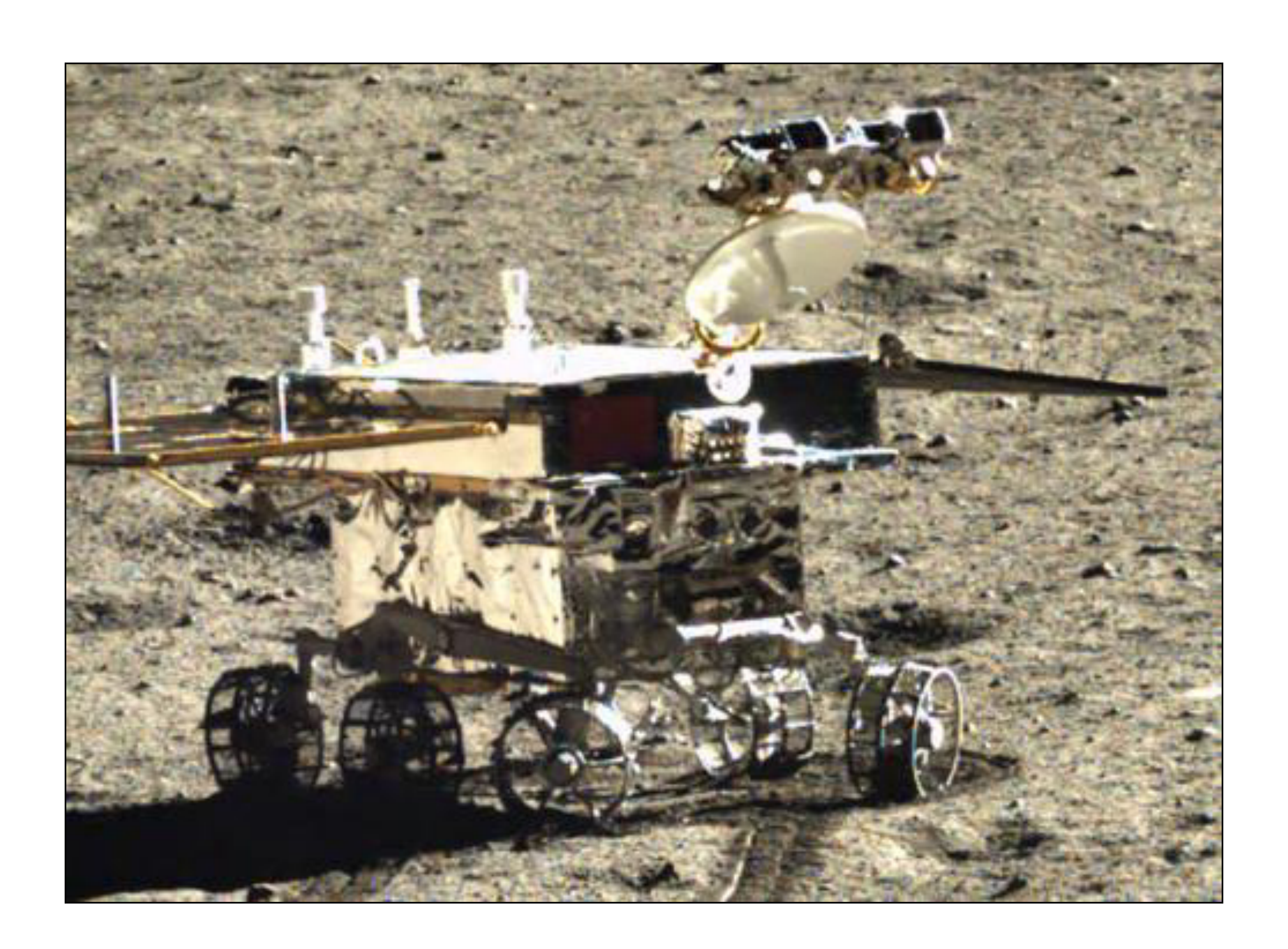


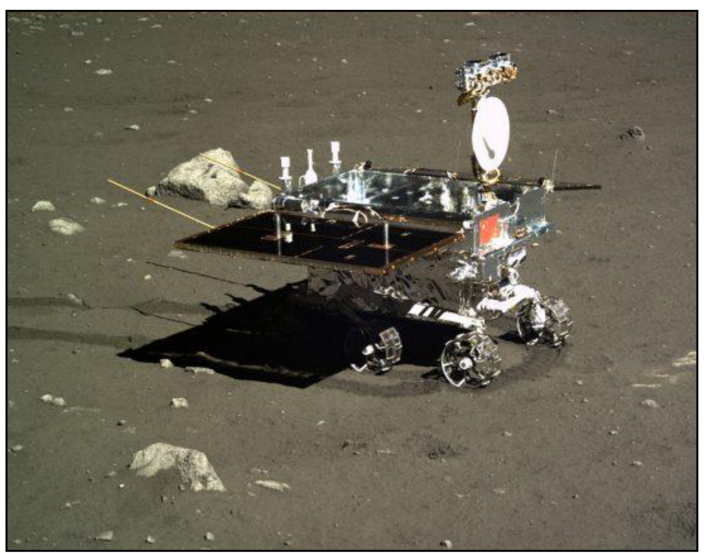


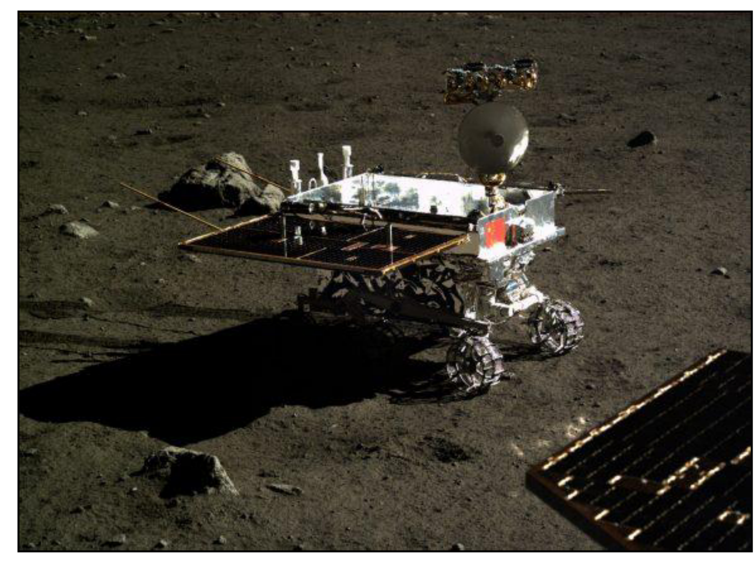


El rover estableció contacto con el Control de Misión en la Tierra el 13-02-2014, pero aún tenía la anomalía mecánica, el 18-04-2014, se descubrió que la falla no era mecánica, sino eléctrica debido a que la temperatura en la Luna era considerablemente más baja y que ciertos componentes podían estar congelándose. Sin embargo siguió transmitiendo de forma intermitente hasta el 6-09-2014 y dejó de transmitir datos en marzo de 2015.

Los motores de alineación del panel solar no respondieron, lo que hizo que sus permanecieran completamente desplegados en lugar de su posición planificada para conservar el calor cuando entraba en modo de bajo consumo, exponiendo su electrónica interna al duro entorno lunar, a medida que avanzaba a través de las noches lunares perdió ciertas capacidades, pero superó con éxito su vida operativa esperada de tres meses, los instrumentos científicos podían funcionar, los datos científicos posteriores fueron muy limitados ya que el radar de penetración y el espectrómetro se limitaron a la misma observación, Control de Misión planeó una misión extendida hasta que dejara de comunicarse, proporcionando datos valiosos sobre la resistencia de sus componentes al entorno lunar.







El instrumento APXS (Active Particle-induced X-Ray Spectrometer) del rover Yutu logró medir la composición del regolito lunar dos veces durante el primer y el segundo día lunar, situado en el extremo del brazo robot, el APXS funcionó un total de 266 minutos y envió 2000 conjuntos de datos correspondientes a 5 zonas de la superficie lunar, pudiendo detectar la presencia muy poco Potasio y una menor cantidad de Magnesio y Aluminio de lo que predicen los modelos, aunque por otro lado se hallaron mayores proporciones de Calcio, Titanio y Hierro, el radar de penetración del rover encontró evidencia de un mínimo de 9 capas de roca distintas, lo que indica que el área tenía procesos geológicos complejos y su composición es distinta de los sitios de alunizaje de otras naves que han estudiado la superficie, cuando se recibieron los primeros datos del espectrómetro IR y Visible (VIRS) del rover (acercándose a 2 cm de la superficie lunar para llevar a cabo su primer análisis) identificó 11 elementos químicos, el LLV y el rover tomaron fotografías de los alrededores del sitio de alunizaje, incluyendo fotografías de la Tierra desde la superficie lunar (algo que no se hacía desde la última misión Apollo-17).









Misión Chang´e 5 T-1 Pathfinder

China anuncia en marzo de 2013, que se lanzaría un vehículo experimental de reingreso y sobrevuelo lunar antes de la misión de retorno de muestras lunares Chang'e 5, para verificar la tecnología de reingreso por salto de alta velocidad que China nunca había dominado, la nave espacial experimental se denominó provisionalmente Chang'e 5 Pathfinder, la nave espacial principal (conocida como Módulo de Servicio se basaba en la sonda Chang'e 2, y se le montó una versión en miniatura de la cápsula del programa espacial tripulado Shenzhou (los parámetros de reingreso de la cápsula Shenzhou eran bien conocidos, ayudando a obtener datos útiles y validar el diseño del escudo térmico en estas condiciones especiales, como también el diseño de la trayectoria para un futuro alunizaje de Chang'e 5; en 2012 y 2013, se efectuaron pruebas sobre un trineo y pruebas de caída, como el diseño de la cápsula no se cambiaría para la Misión Chang'e 5, todas estas pruebas podían considerarse parte de la misión.



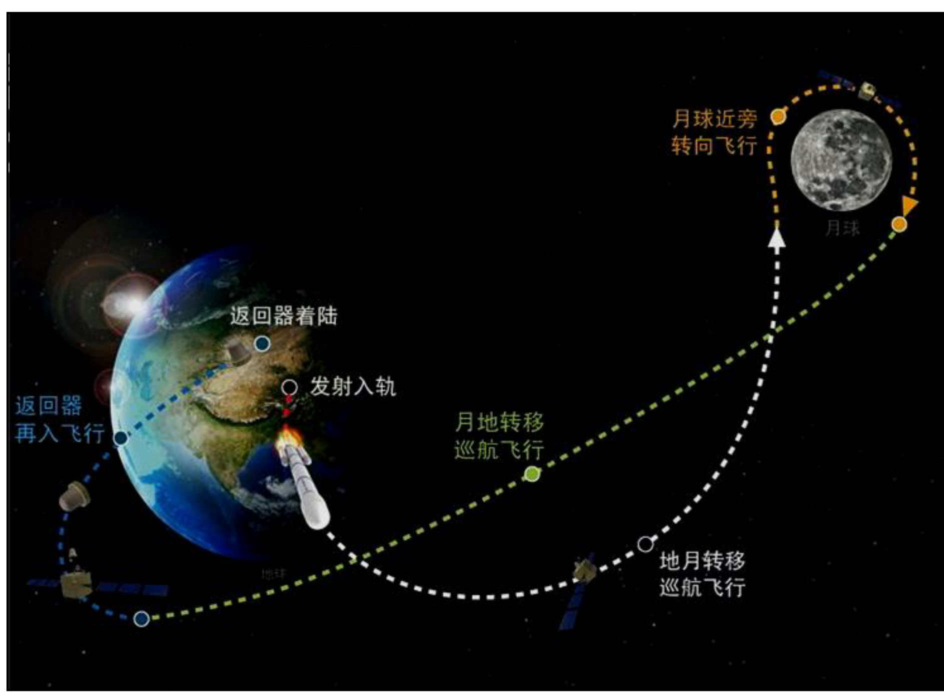




Lanzamiento

Se anuncia la fecha de lanzamiento el 22-10-2014, dos días antes del evento la misión fue rebautizada oficialmente como "Prueba de Vuelo de Reentrada del Programa de Exploración Lunar" (Chang'e 5-T1) y finalmente la nave es lanzada el 23-10-2014 desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang a bordo de un cohete CZ-3C/G2, 1170 seg. después del lanzamiento, la nave y la 3° etapa del cohete entran en una órbita lunar de 200x41300 Km de sobrevuelo y retorno libre, el 27-10, Chang'e 5-T1 vuela a una posición a 60000 Km de la Luna y entra en la llamada esfera gravitacional de influencia lunar. Luego comenzó el sobrevuelo lunar de 32 hrs, mientras que la 3° etapa del cohete realiza una maniobra que eleva su perigeo a más de 80000 Km e inclinación a 50°, para evitar un posible reingreso incontrolado, según el plan de vuelo, la nave necesitaba 6 correcciones orbitales a mitad de camino. Sin embargo, gracias al control preciso de las dos primeras correcciones, se cancelaron la 3° (justo antes del sobrevuelo lunar) y la 4° (justo después del sobrevuelo) la 6° y última corrección se realizó el 30-10, ya que era fundamental determinar la precisión y éxito del aterrizaje, el 28-10, los medios oficiales chinos anunciaron que Chang'e 5-T1 había completado el sobrevuelo sin problemas, había abandonado la esfera de influencia gravitacional lunar y había entrado en la trayectoria de retorno el mismo día.





Reingreso

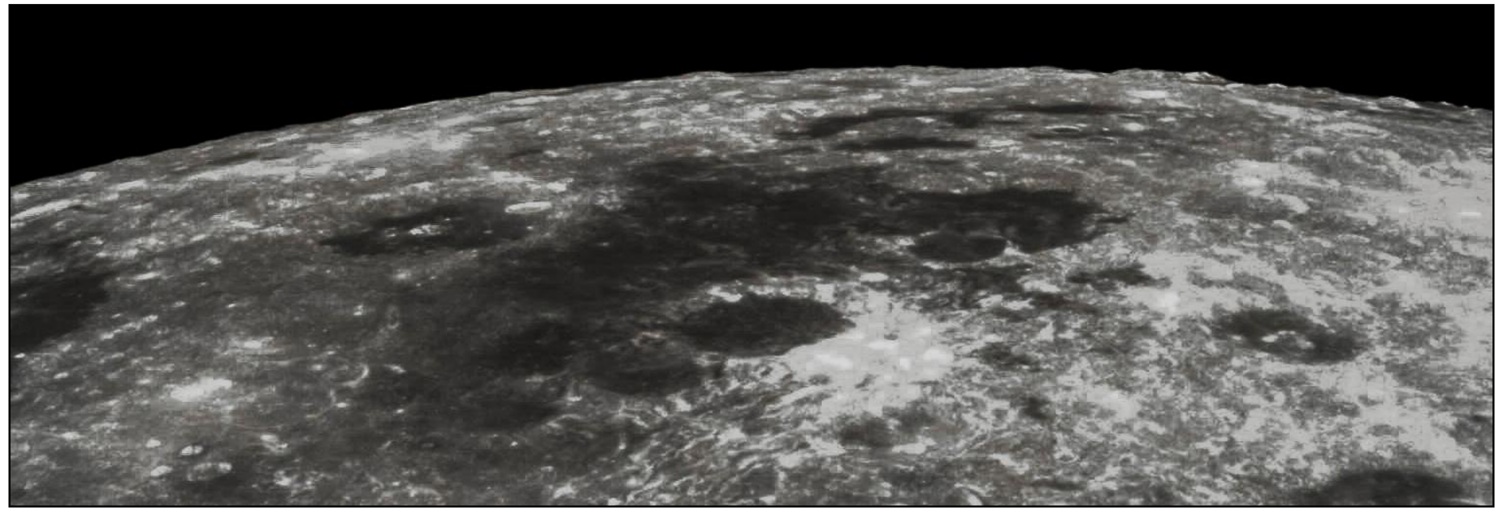
El 1-11-2014, a unos 5000 Km sobre la superficie terrestre y a una velocidad de 10,8 Km/s, la cápsula se separó del Módulo de Servicio, 8 minutos después, el Módulo de Servicio enciende su motor para ir una órbita más alta y así evitar una posible colisión con la cápsula, que estable la actitud correcta para el reingreso, el objetivo principal de la misión era probar la llamada tecnología de reentrada que predice que la cápsula rebota en el espacio en el borde superior de la atmósfera, para reducir la velocidad de reentrada final, si no rebota en el espacio en este período, la cápsula se hundiría en el Océano Índico a gran velocidad, superando el límite de su escudo térmico y toda la misión se consideraría un fracaso, afortunadamente, se informó que el control de elevación se completó como se esperaba y la cápsula había iniciado la fase de vuelo libre, la cápsula vuelve a realizar el control de elevación y se apaga a 10000 m de altura, la cubierta de la bahía de paracaídas es descartada y se despliega el paracaídas de arrastre y la rampa principal, aterrizando en Siziwang Banner, situado en la región central de la Región Autónoma de Mongolia Interior del Norte de China, el equipo de rescate encuentra la cápsula 15 minutos después.

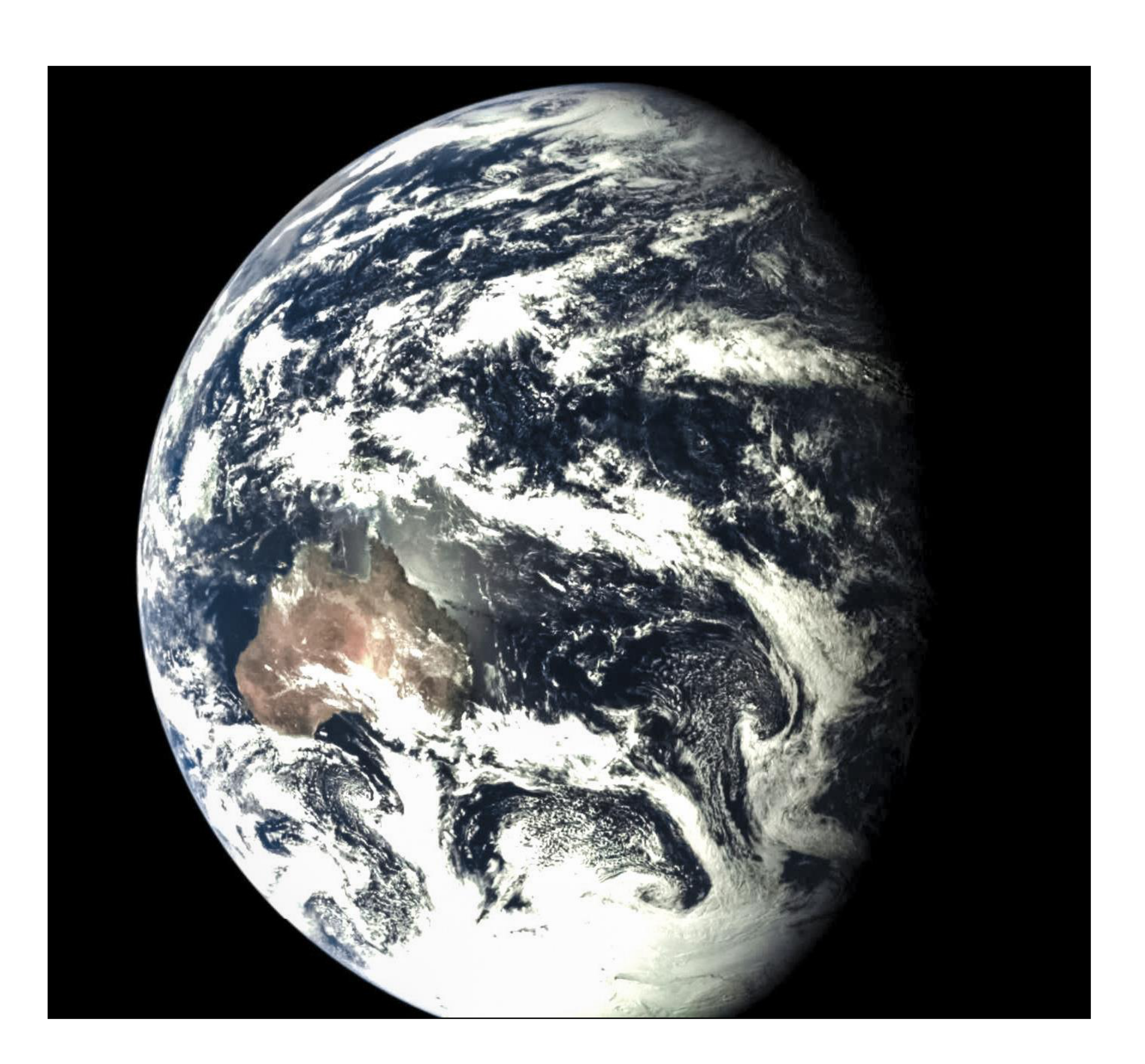




La cápsula fue transportada a Beijing en un avión de transporte Y-8, el 2-11-2014 se la abrió en la Academia China de Tecnología Espacial recuperándose sus cargas útiles, entre ellas, semillas y bacterias de ácido láctico, el aterrizaje exitoso marcó la primera misión a la Luna y de regreso desde la misión Luna 24 de la Unión Soviética en 1976, el rebote en las capas superiores de la atmósfera fue uno de los mayores desafíos, un error de solo 0,2° habría hecho que la misión fallara, Chang'e 5-T1 también sirvió como prueba para estaciones terrestres y operaciones de recuperación y también apoyó el desarrollo de nuevos materiales y diseño innovador de equipos espaciales.

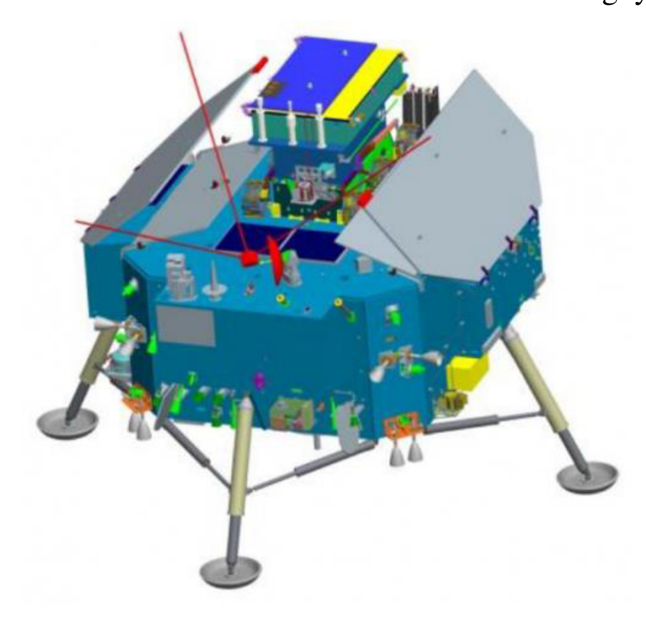




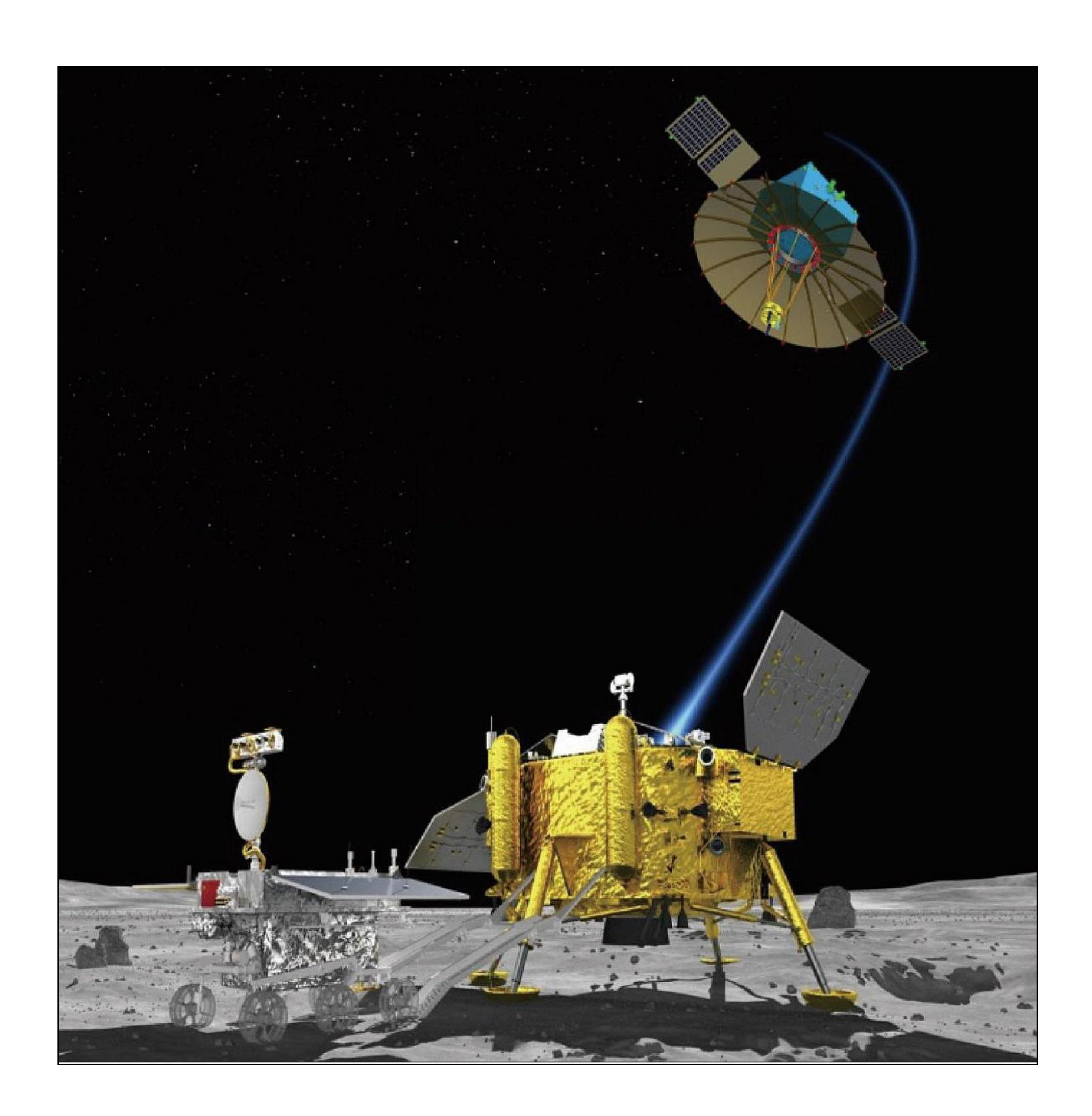


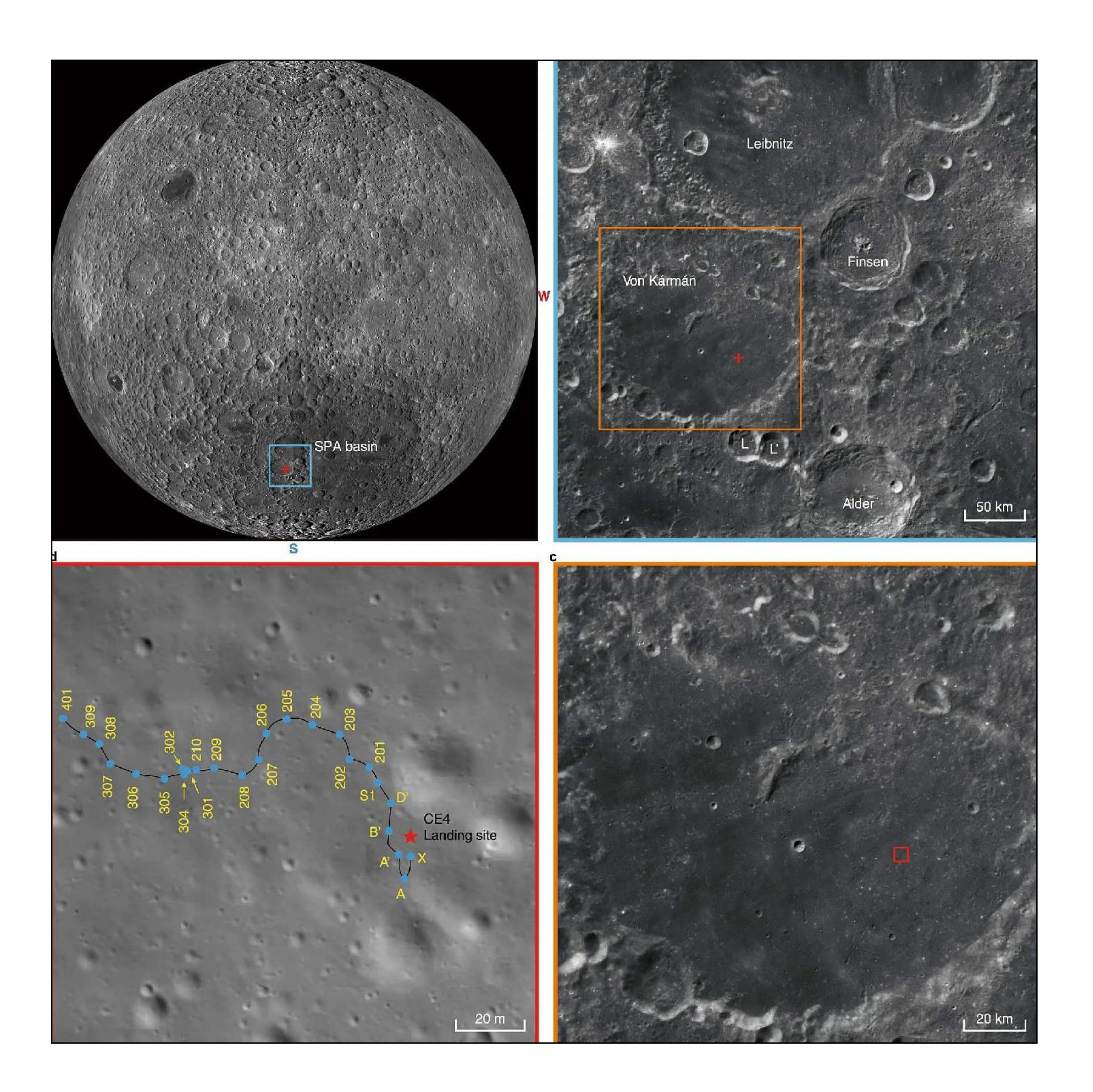
Misión Chang´e 4

La misión Chang'e-4 consistía en un módulo lander, un rover (Yutu-2) y un satélite retransmisor (Queqiao) en conjunto, su propósito principal era explorar la geología de la cuenca Aitken del Polo S lunar (SPA) de 2500 Km de diámetro, varios equipos de científicos, incluidos algunos de fuera de China, buscaron posibles áreas de alunizaje alrededor del cráter Von Kármán y la cuenca Apollo, la región de candidata era 45° S-46° S y 176.4° E-178.8° E, que se encuentra en la zona S del cráter Von Kármán, dentro de la cuenca del SPA, el grupo de la misión Chang'e-4 analizó la topografía de la región de alunizaje candidata utilizando imágenes de las sondas LRO, LOLA (NASA) y Kaguya (JAXA) los análisis espectrales se realizaron utilizando los datos de Kaguya y Chandrayaan-1.








SPA basin
W
S
Leibnitz
Finsen
Von Kármán
L
L'
Alder
50 km
d
c
401
309
308
307
306
305
304
302
301
210
209
208
207
206
205
204
203
202
201
S1
D'
B'
A'
A
X
CE4
Landing site
20 m
20 km

Lander

Instrumentos científicos

Se planificó la misión para instalar seis tipos de cargas útiles científicas para completar las tareas correspondientes, tres tipos de cargas útiles en el lander son la cámara de aterrizaje (LCAM), la cámara de terreno (TCAM) y el espectrómetro de baja frecuencia (LFS) desarrollado recientemente y tres tipos de cargas útiles en el rover son la cámara panorámica (PCAM), el radar de penetración lunar (LPR) el espectrómetro de imágenes visible e IR cercano (VNIS) y otros cinco tipos de cargas útiles son instrumentos heredados de la misión Chang'e-3, también llevó tres cargas útiles de colaboración conjunta internacional que son el Lunar Lander Neutrons and Dosimetry (LND) el Advanced Small Analyzer for Neutrals (ASAN) instalado en rover y el Explorador de Baja Frecuencia de Holanda-China (NCLE) instalado en el satélite de retransmisión.

Cámara Panorámica (PCAM)

El objetivo del PCAM era la de obtener imágenes 3D del alunizaje y observación de la superficie lunar para la investigación de la morfología de la superficie y la estructura geológica.

Radar de Penetración Lunar (LPR)

Su objetivo era el mapeo del regolito lunar y la detección de estructuras geológicas subsuperficiales.

Analizador Avanzado para Átomos Neutros (ASAN)

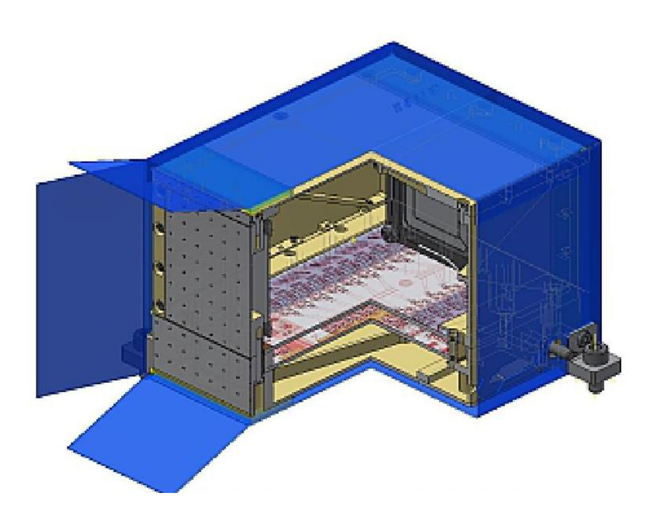
Desarrollado por el Instituto Sueco de Física Espacial (IRF), Kiruna, Suecia, era un detector atómico neutral, para observaciones de átomos de energía neutra e iones positivos en el área de observación para investigar el entorno de radiación de partículas.

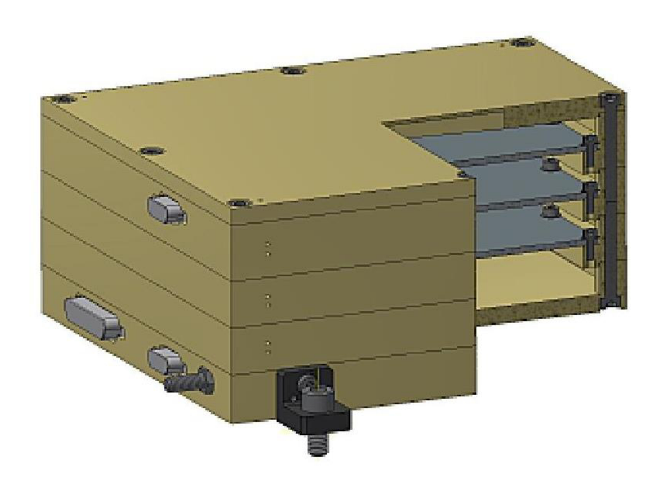


Espectrómetro de Baja Frecuencia (LFS))

Analizador de espectro de radiofrecuencia para la detección de características de radiofrecuencia de baja frecuencia del Sol y del entorno de radio de baja frecuencia de la Luna para realizar observaciones de radioastronomía, el LFS se utilizó para detectar el campo eléctrico de baja frecuencia de las tormentas solares y para estudiar el plasma lunar, al detectar el campo eléctrico de baja frecuencia del Sol, el espacio planetario y el espacio galáctico, se recopiló para su análisis información de magnitud eléctrica, fase, variación de tiempo, espectro de frecuencia, polarización y dirección de llegadas, con las características de variación del campo eléctrico espacial de baja frecuencia, se analizó el entorno de plasma lunar sobre el lugar de alunizaje, el equipo está configurado con una antena activa de tres componentes para recibir señales electromagnéticas del Sol y del espacio, cada una de las tres unidades de antena recibe uno de los tres componentes ortogonales de las señales electromagnéticas la transmisión de información como la intensidad electromagnética.

Experimento de Dosimetría y Neutrones (LND)



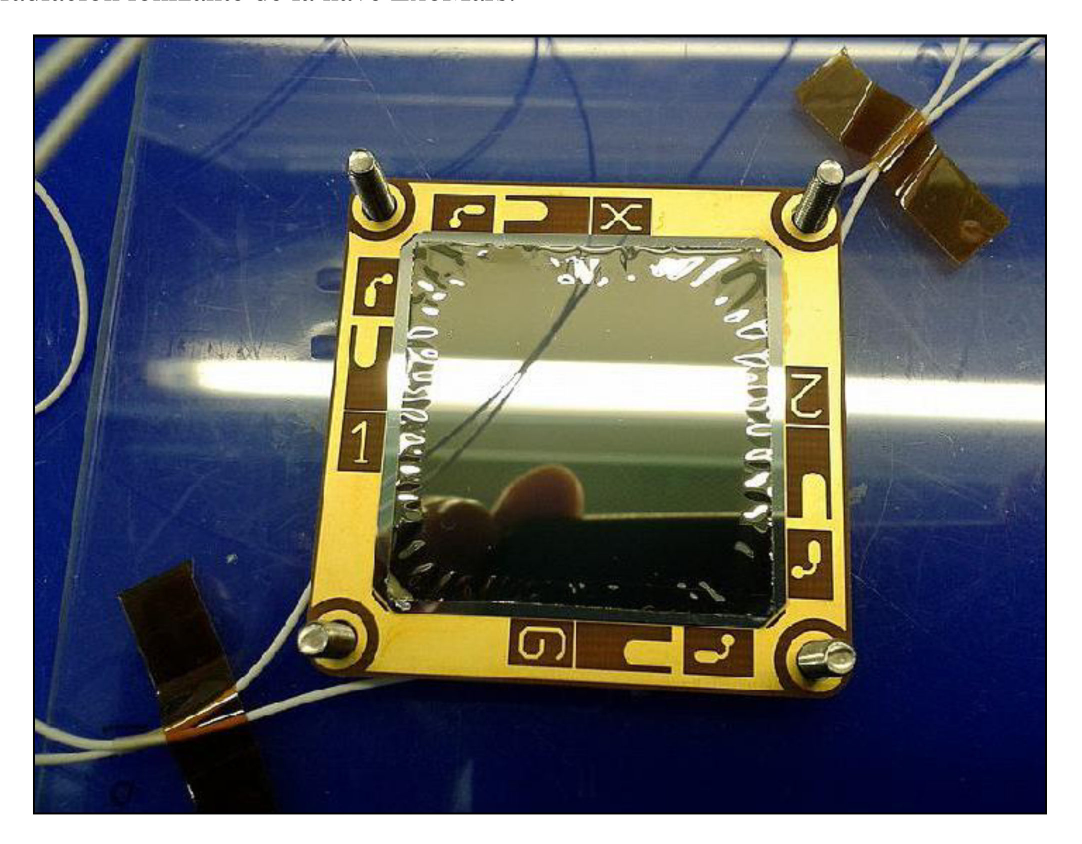


Dirigido por la Universidad Christian-Albrechts, Kiel, Alemania, con contribuciones del Instituto de Medicina Aeroespacial del DLR, el Centro Nacional de Ciencias Espaciales, los Observatorios Astronómicos Nacionales de la Academia de Ciencias de China y la Academia de Tecnología Espacial de China, con dos objetivos científicos principales: la dosimetría para la exploración humana de la Luna y contribuir a la ciencia heliosférica como un punto de medición adicional.

Instrumento diseñado para medir series de tiempo de tasa de dosis y de espectros de transferencia de energía lineal en el complejo campo de radiación de la superficie lunar, para el segundo objetivo, es capaz de medir los flujos de partículas y sus variaciones temporales, contribuyendo a la comprensión de la propagación y el transporte de partículas en la heliosfera, su pila de 10 detectores de estado sólido de Silicio (SSD) permitió medir protones de 10-30 MeV, electrones de 60-500 keV, partículas α de 10-20 MeV/n y iones pesados de 15-40 MeV/n, además podía medir neutrones rápidos en el rango de energía de 1 a 20 MeV y, utilizando dos detectores tipo sándwich de Gd (gadolinio natural) medir los flujos de neutrones térmicos (sensibles al agua subterránea) e importante para comprender los procesos de mezcla de la superficie lunar.

El instrumento LND estaba montado dentro del compartimento de carga útil del Lander y constaba de un cabezal de sensor desacoplado térmicamente y una caja de electrónica, así como dos placas de circuito impreso (PCB) una se utilizaba para preamplificar las señales del detector, la otra PCB contenía circuitos de modelado y convertidores analógicos a digitales, las señales digitalizadas se enviaban desde el cabezal del sensor a la caja electrónica que acumulaba los datos en histogramas, tasas de conteo, palabras PHA, etc., los empaquetaba y los enviaba a la Unidad de Control de Instrumentos (ICU) que servía como interfaz eléctrica y de datos en el lander. Medición de neutrones rápidos; los neutrones rápidos se generan por la interacción de los rayos cósmicos galácticos con el regolito lunar y son una fuente importante de la dosis de radiación que llega al interior del cuerpo de un astronauta, el instrumento LND utilizó tres SSD de Si segmentados que están tan empaquetados como sea posible para la detección de neutrones rápidos.

El LND es básicamente un telescopio que constaba de 10 SSD segmentados, 3 detectores se empaquetaron lo más cerca posible para medir neutrones en el rango de energía de 1 a 20 MeV, los 6 detectores inferiores estaban montados en dos configuraciones tipo sándwich diferentes, en uno, cada sándwich sujetaba una lámina de Gd muy delgada (~20 µm) para detectar neutrones térmicos; para discriminar los neutrones térmicos que se emiten desde el suelo lunar (sensibles al contenido de protones del subsuelo), el sándwich de GH estaba protegido desde arriba por una lámina de Gd más gruesa, envuelta en dos láminas de Aluminio; el sándwich de GH luego medía los neutrones térmicos desde abajo y arriba; el diseño del cabezal del sensor se basaba en desarrollos que se realizaron para el sensor IRAS de radiación ionizante de la nave ExoMars.



Espectrómetro de Imágenes Visibles e IR Cercano (VNIS)

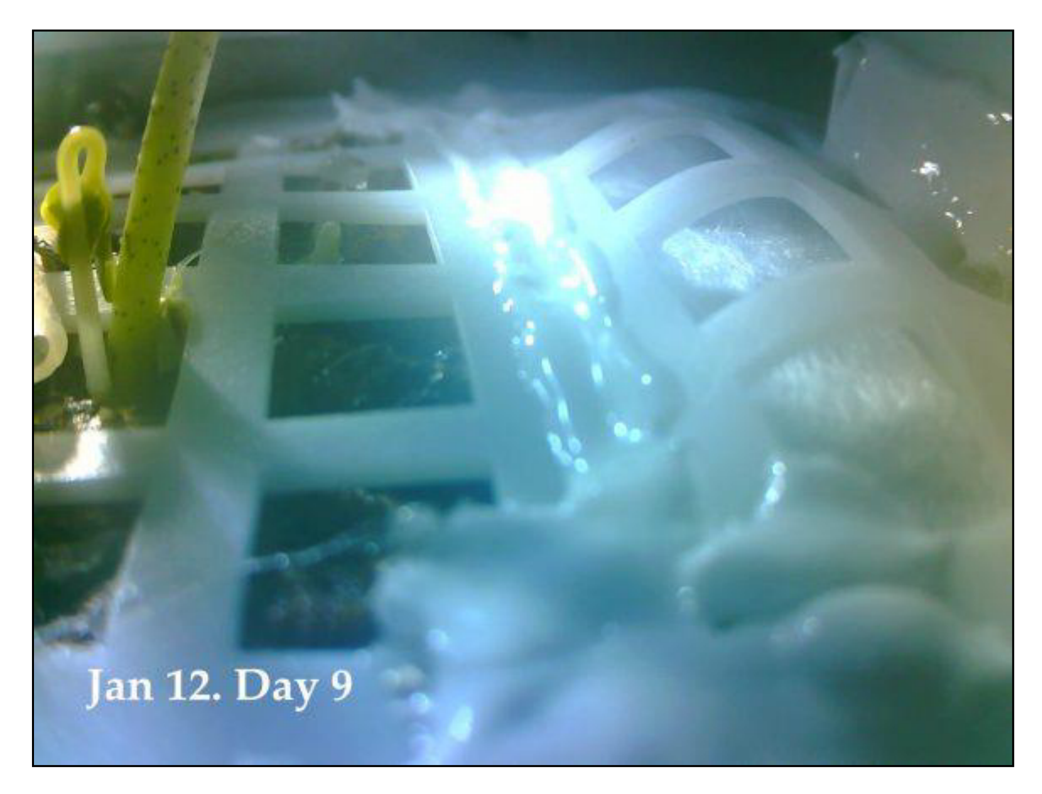
Es un instrumento también utilizado en la misión Chang'e-3, es capaz de adquirir simultáneamente in situ espectros de reflectancia completos para objetos en la superficie lunar y realizar calibraciones, utilizaba filtros sintonizables acústicos-ópticos no colineales y contaba de un espectrómetro de imágenes VIS/NIR (0,45–0,95 µm) un espectrómetro IR de onda corta (0,9–2,4 µm) y una unidad de calibración con función a prueba de polvo.

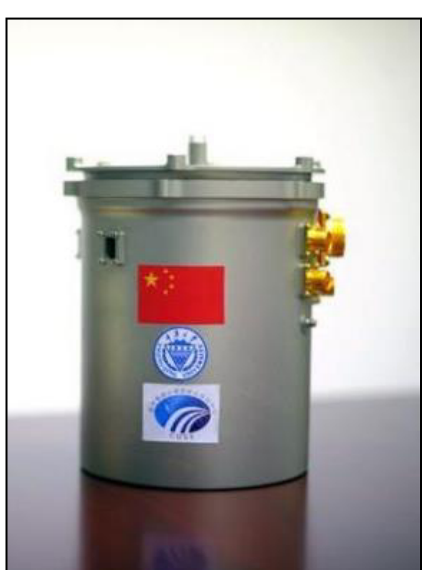
Mini biósfera

La misión Chang'e 4 fue pionera en el primer experimento de mini biosfera en la Luna, un recipiente de Aluminio de 19 x 17 cm y un peso de 2,6 Kg instalado en el lander contenía semillas de algodón, seleccionadas para el experimento por su excelente desempeño en la Tierra y perteneccientes a una variedad de algodón transgénico resistente a insectos denominada CCRI 41, papa (porque podría ser una fuente importante de alimento para futuros viajeros espaciales) Arabidopsis (pequeña planta con flores relacionada con el repollo y la mostaza, de crecimiento rápido y fácil de observar) así como huevos de la mosca de la fruta (consumidora del proceso de fotosíntesis) y algo de levadura (podría desempeñar un papel en la regulación del dióxido de Carbono y el Oxígeno en la mini biosfera) también contenía H_2O, suelo, aire, dos cámaras pequeñas y un sistema de control de calor.

El 16-01-2019 una de las semillas de algodón fue la primera en brotar, las imágenes enviadas por la sonda mostraron que un brote de algodón había comenzado a crecer, aunque no se encontraron otras plantas creciendo, los investigadores habían utilizado tecnología biológica para dejar inactivas las semillas y los huevos durante los meses en que la sonda pasó por los controles finales en el centro de lanzamiento y el viaje de más de 20 días por el espacio.

Luego de que Chang´e 4 alunizara, el Centro de Control ordenó a la sonda que riegue las plantas para iniciar el proceso de crecimiento, un tubo dirigía la luz natural desde la superficie lunar hacia el recipiente para permitir que las plantas crecieran, la sonda entró en modo de suspensión el 6-01 como la primera noche lunar, descendiendo la temperatura a menos 170 ºC, el experimento terminaría, los organismos se descompondrían gradualmente en el recipiente totalmente cerrado sin afectar el entorno lunar.

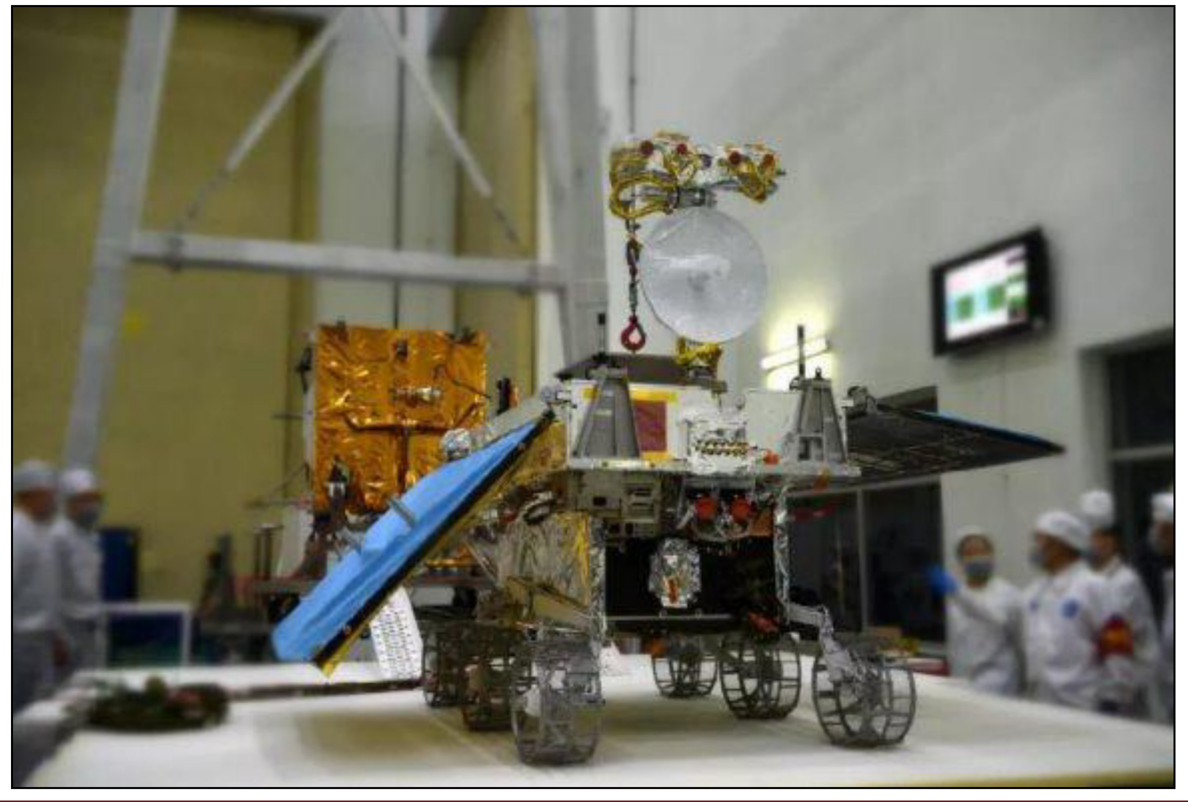




Rover Yutu-2

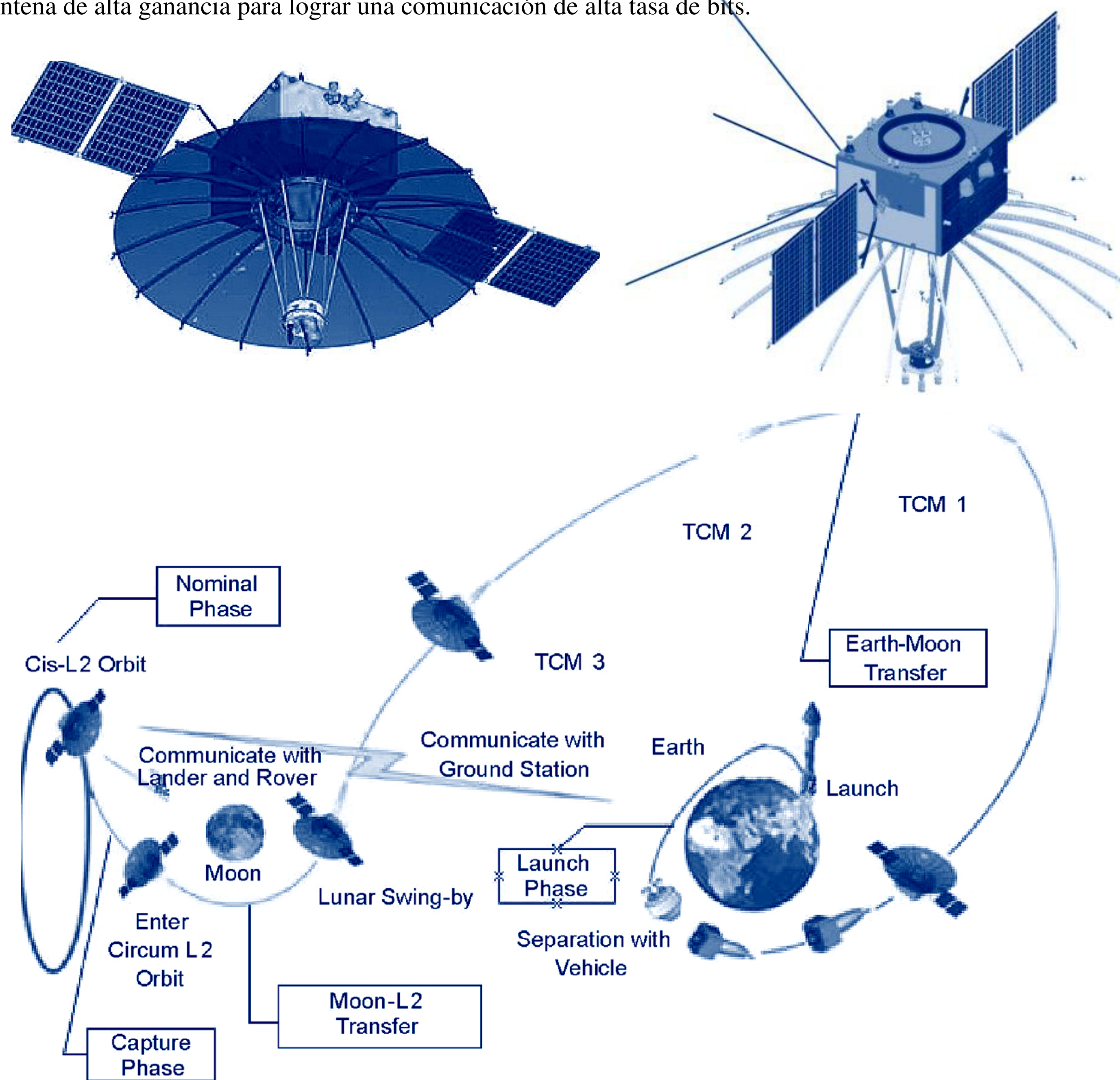
Cháng´e 4 también llevó un rover, de similares características al transportado en la misión Chang´e 3, con un espectrómetro visible e IR, dos radares para estudiar el subsuelo lunar, un detector de átomos neutros sueco (ASAN) para estudiar la interacción entre el viento solar y la superficie lunar, pero no incorporó el espectrómetro de partículas α que tenía el anterior rover





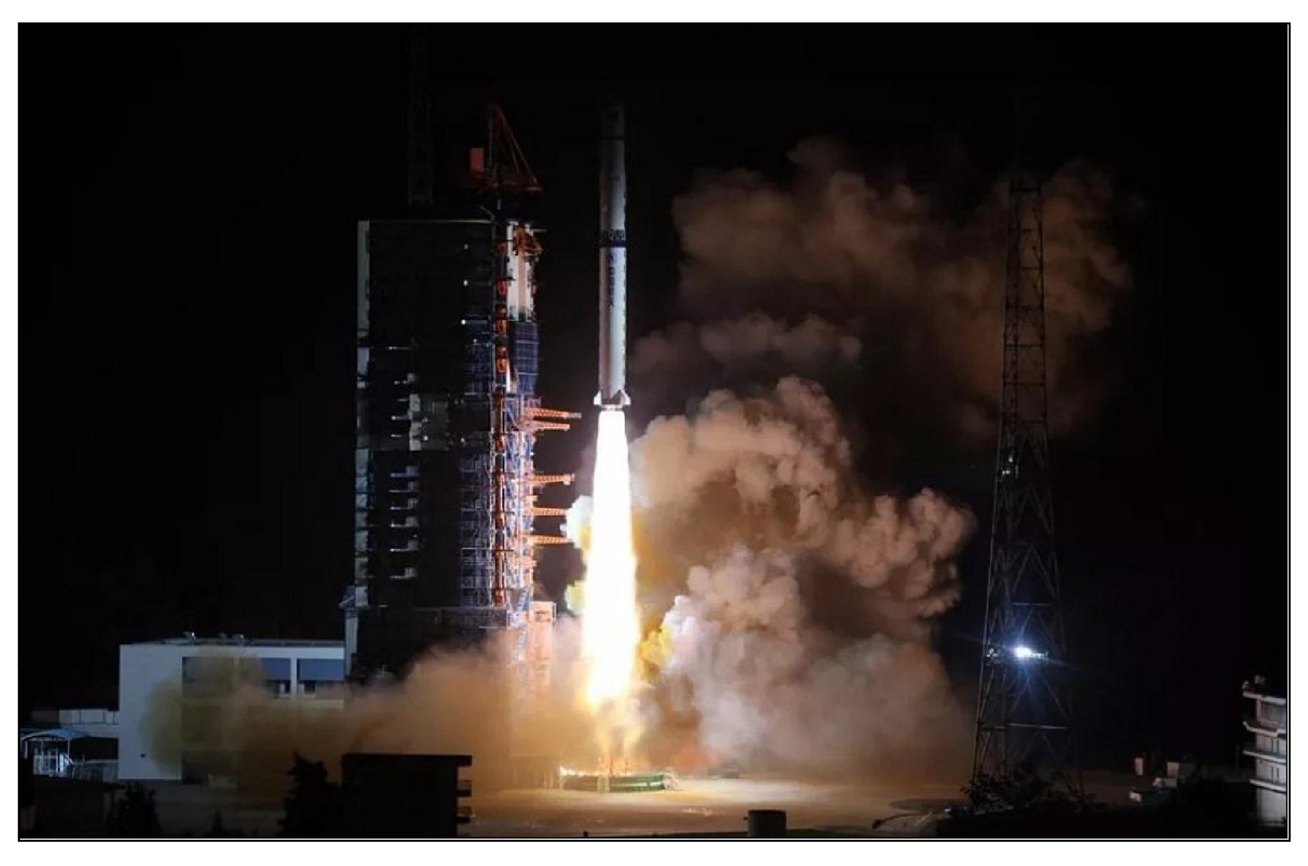
Satélite de retransmisión Queqiao

Dado que el lado lejano lunar no mira a la Tierra ya que el período orbital de la luna coincide con su período de rotación, se requiere un satélite de retransmisión para facilitar las comunicaciones entre el lander Chang'e-4 y las estaciones terrestres, el satélite de relevo de 425 Kg se basaba en el bus minisatélite CAST-100 estabilizado de tres ejes con un sistema de propulsión de hidracina; llevaba una antena parabólica desplegable de 4,2 m para el equipo de retransmisión, proporcionaba cuatro enlaces de Banda X de 256 Kb/s entre él y el lander/rover y un enlace de banda S de 2 Mb/s hacia la Tierra, fue situado en una órbita de halo de la Tierra-Luna L2 (Punto LaGrange 2) alrededor de 65000 Km en el lado lejano de la luna, para ser visible tanto para las estaciones terrestres en la Tierra como para la nave Chang´e 4 en la Luna en todo momento, bajo las limitaciones de peso y el tamaño, el enlace de comunicación y retransmisión debió optimizarse en múltiples aspectos, como los modos de transmisión/ retransmisión y el desarrollo de la antena de alta ganancia para lograr una comunicación de alta tasa de bits.



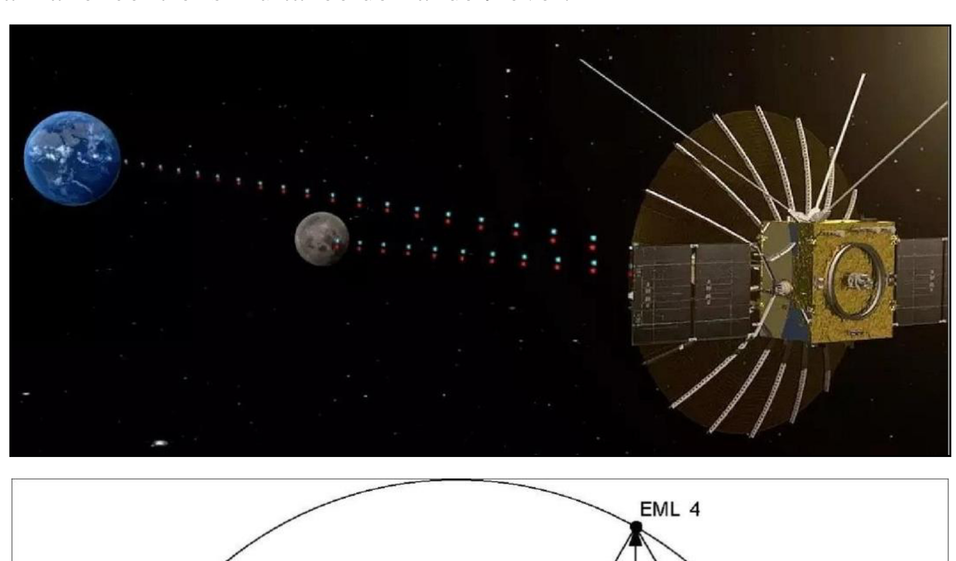
El satélite Queqiao es lanzado el 20-05-2018 a bordo de un cohete CZ-4C desde el Centro de Lanzamientos de Satélites de Xichang.

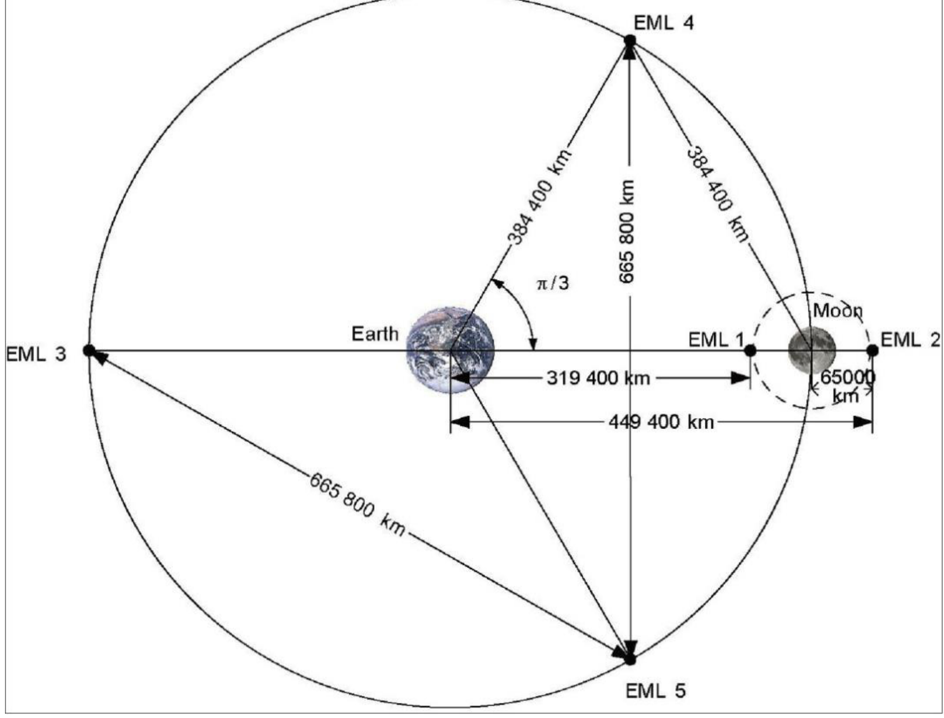




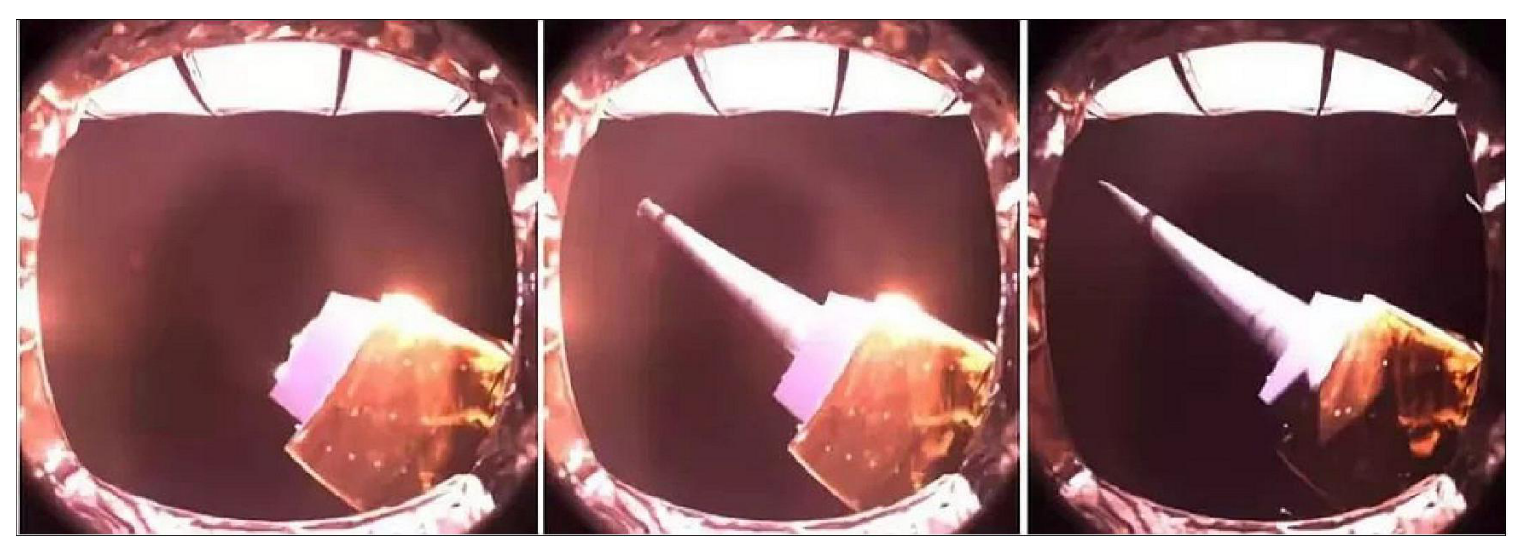
El satélite de retransmisión Queqiao que orbitaba alrededor del punto LaGrange 2 Tierra-Luna estaba diseñado para funcionar en la Banda X, el enlace directo utilizaba un régimen TT&C de onda portadora unificada y el enlace inverso utilizaba BPSK, el emisor de señal de retransmisión directa debía poder escanear con ondas portadoras de frecuencia complejas, similar a las estaciones terrestres, para evitar interferencias, el enlace de retransmisión adoptaba un canal de Banda X, y TT&C a la Tierra eligiendo el régimen de onda portadora unificada de Banda S y la transmisión de datos utilizaba el régimen de onda portadora de banda S y BPSK, la codificación de canal no se utilizaba para la transmisión de telecomando y la codificación de canal de convolución concatenado se adoptaba para la transmisión de datos y telemetría.

Chang´e 4 recibía datos a través de una antena omnidireccional y las señales se modulaban en PCM/PSK/PM, los datos enviados desde el lander se transmitían a través de una antena omnidireccional, una antena de ganancia media o una antena direccional correspondientes a tasas de bits bajas, medias o altas y eran recibidos por el satélite de retransmisión, el modo de modulación del enlace era BPSK; durante el proceso de descenso motorizado y mientras trabajan en la superficie lunar, el lander y el rover recibían respectivamente señales de telemando directo a través de una antena omnidireccional del satélite de retransmisión, este podía enviar datos en dos puntos de frecuencia al mismo tiempo para realizar el control simultáneo del lander/rover.





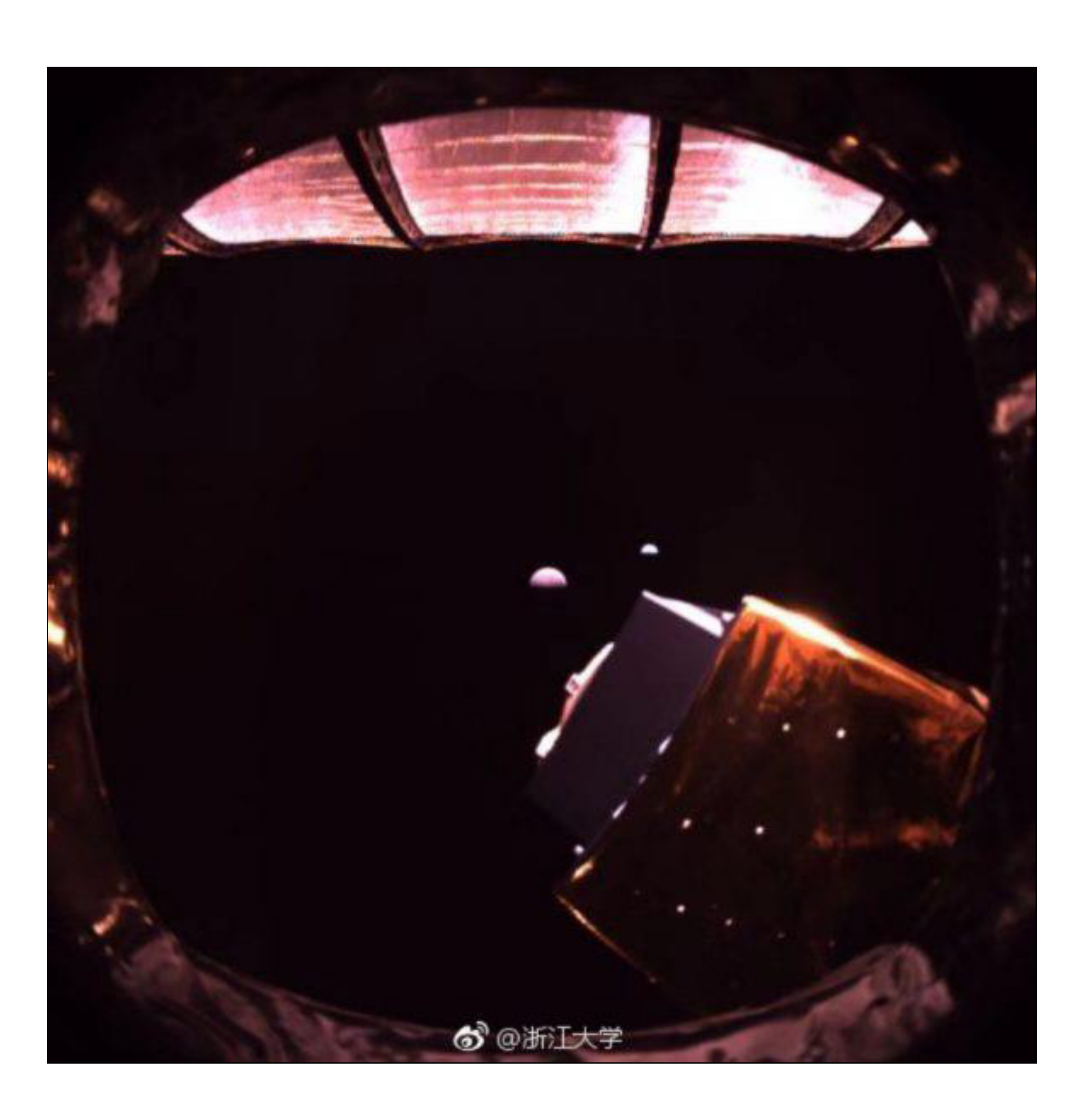
Al satélite Queqiao se lo consideraba anteriormente como de comunicaciones y enlace. Sin embargo, la misión lunar ya había logrado sus objetivos principales, se redefinió al satélite para que sea un prototipo de radiotelescopio construido para registrar señales de radio débiles de un período inmediatamente posterior al Big Bang, pasándose a denominar Explorador de Baja Frecuencia de Holanda-China (NCLE) desarrollado en Holanda por la Universidad de Radboud, Nijmegen; ASTRON y la empresa ISI Space (Dutch company Innovative Solutions In Space) con el apoyo de la Agencia Espacial de Holanda, el primer encendido del instrumento NCLE ocurrió el 22-01-2019, donde se realizó una primera revisión para verificar que el había sobrevivido al lanzamiento, tránsito y 9 meses en la órbita lunar, esperó en el espacio más de un año, ya que el satélite de comunicaciones que lo acompañaba tuvo que ayudar al lander durante más tiempo y el 26-11-2019 desplegó las tres antenas del radiotelescopio.



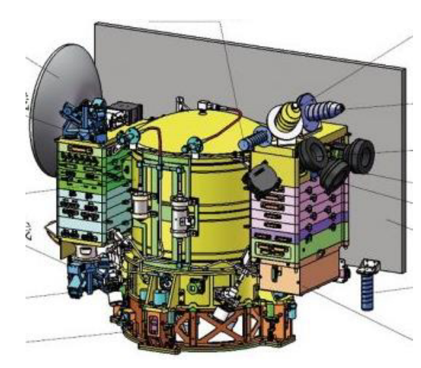
La permanencia más prolongada detrás de la luna probablemente tuvo un efecto en las antenas, al principio, las antenas se desplegaron sin problemas, pero a medida que avanzaba el proceso, se volvió cada vez más difícil, por lo que, el equipo decidió recopilar datos primero y desplegar las antenas en un momento posterior, con estas antenas más cortas, el instrumento es sensible a señales de alrededor de 800 millones de años después del Big Bang, una vez desplegadas en toda su longitud (5 m) podrán capturar señales justo después del Big Bang.

El satélite Queqiao también pudo fotografías la Tierra junto a la Luna, desde su órbita de halo.

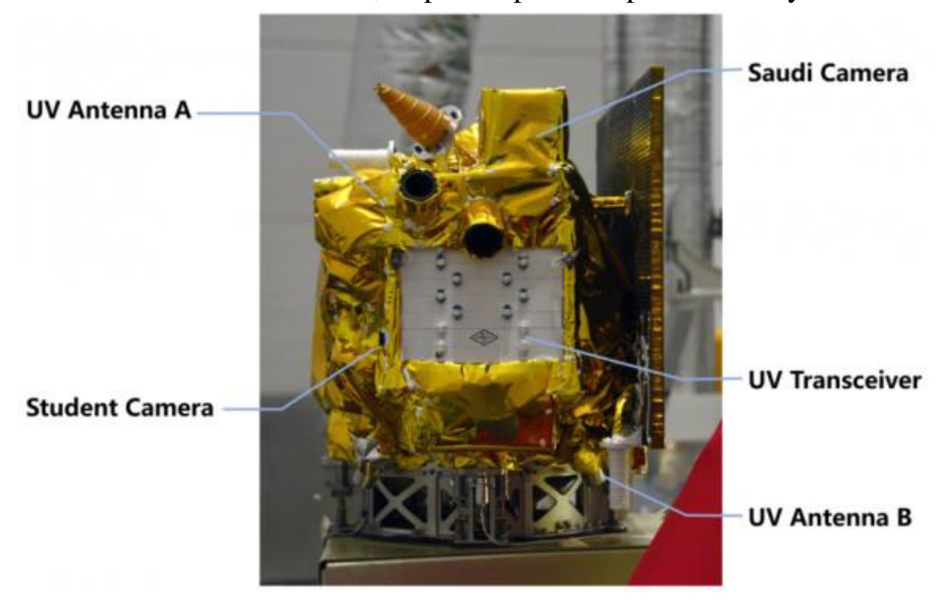


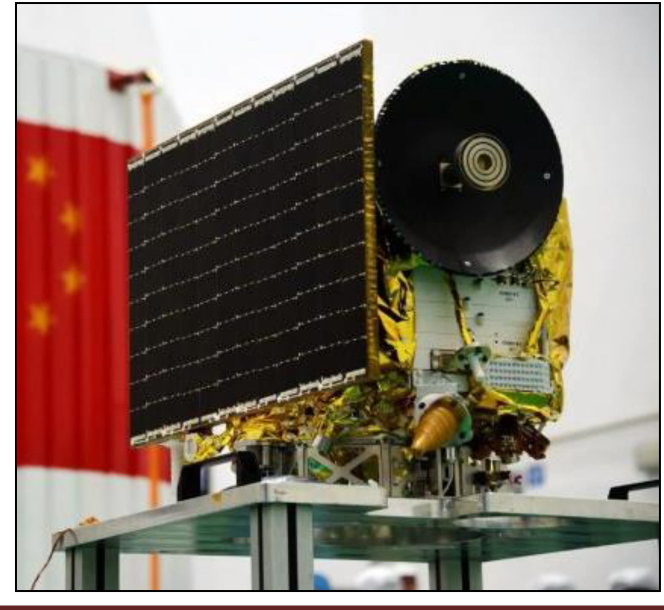

@浙江大学

Satélites Discovering the Sky at Longest Wavelengths Pathfinder (DSLWP- A y B)

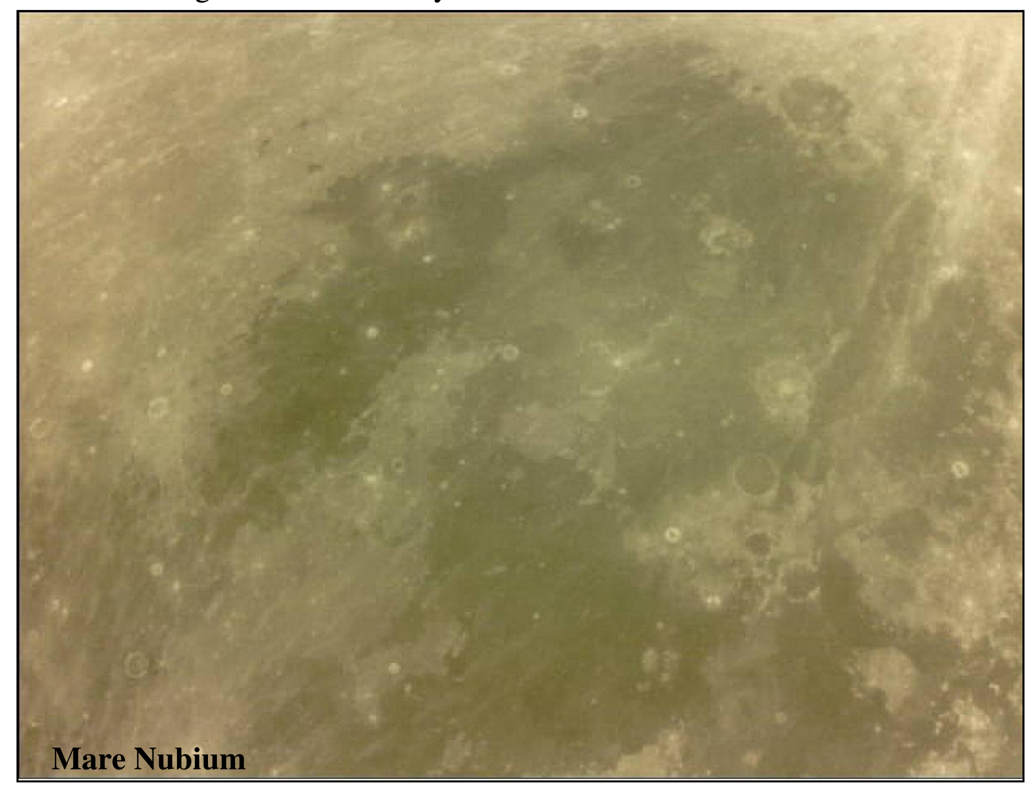


Dos microsatélites DSLWP-A y B (Longjiang-1 y 2, desarrollados por el Instituto de Tecnología de Harbin, con un peso de 47 Kg, fueron lanzados junto al satélite Queqiao para realizar observaciones astronómicas desde el espacio profundo, se insertaron en órbitas lunares de 200 x 9000 Km, estaban estabilizados en tres ejes y transportaban una carga útil de radioastronomía con dos antenas de polarización lineal montadas a lo largo, utilizando a la Luna como escudo para evitar las emanaciones de radio de la tierra, también llevaban una cámara microóptica desarrollada por KACST (King Abdulaziz City for Science and Technology) Arabia Saudita) para tomar imágenes de la Luna, Marte, Sol y otros objetos celestes y un sistema de comunicaciones por radio amateur, el 04-09-2018, DSLWP-B, lanzado junto con un satélite de retransmisión, permitió a los operadores de radio descargar imágenes tomadas a lo largo de su órbita lunar elíptica, el pequeño satélite logró usar su propia propulsión para disminuir la velocidad y entrar en la órbita lunar mientras el satélite de retransmisión continuaba pasando la Luna hacia su destino especial, durante su tiempo en órbita, desafortunadamente DSLWP-A, se perdió poco después de la inyección translunar.



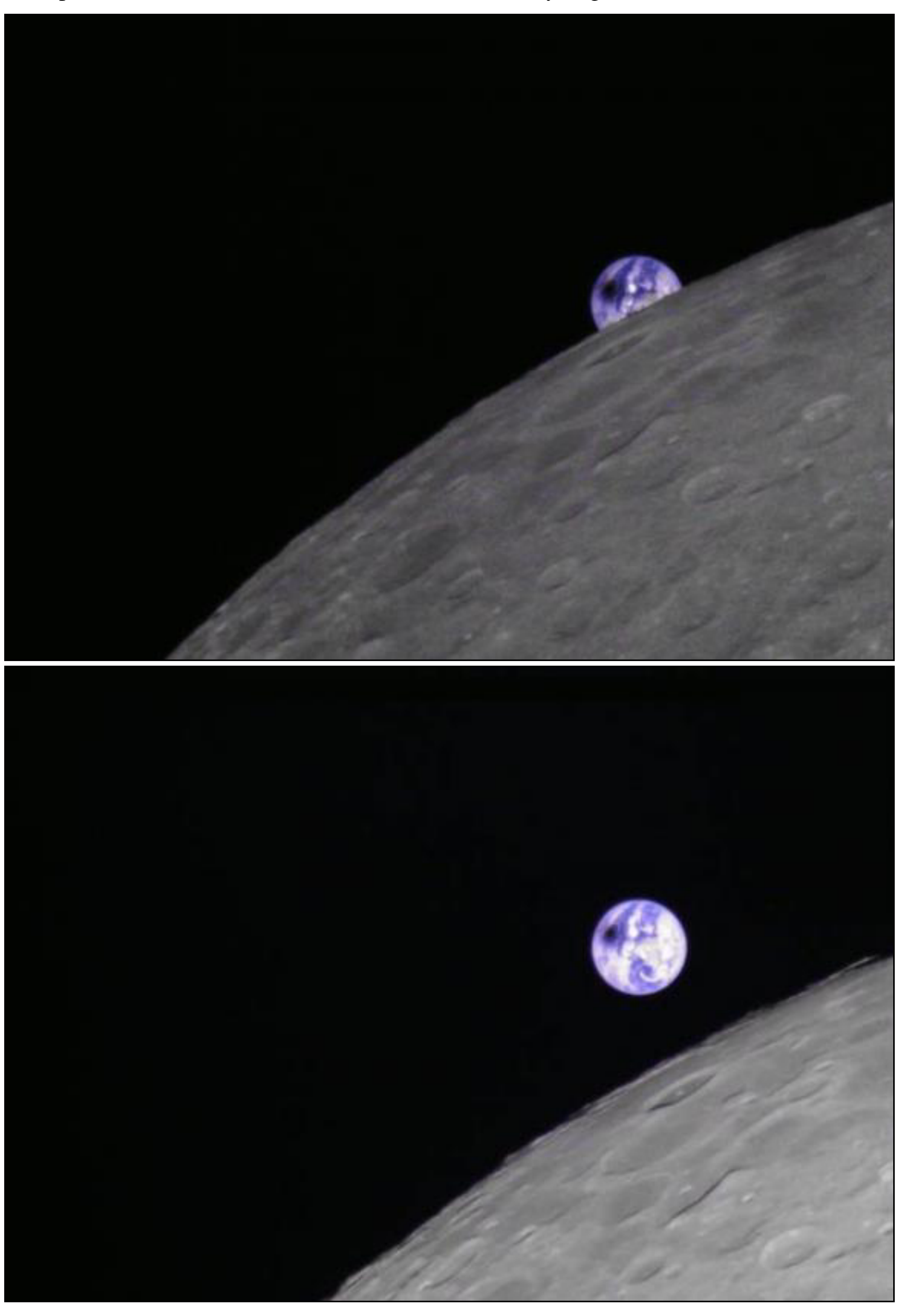


El microsatélite DSLWP-B alcanzó con éxito su destino cerca de la Luna el 25-05-2018 y entró en una órbita lunar con una periluna de 350 Km y una apoluna de 13700 Km, convirtiéndose en el primer orbitador lunar del mundo desarrollado por una universidad, su cámara comenzó a funcionar el 28-05 y adquirió una serie de imágenes y datos lunares, y el 08-06 toma una fotografía de la Tierra y la Luna.





El día 02-07-2019, el microsatélite DSLWP-B pudo fotografiar desde su órbita lunar el eclipse solar en que desde nuestro planeta se pudo ver en su totalidad en el Pacífico Sur, Chile y Argentina.



Lanzamiento Chang´e 4

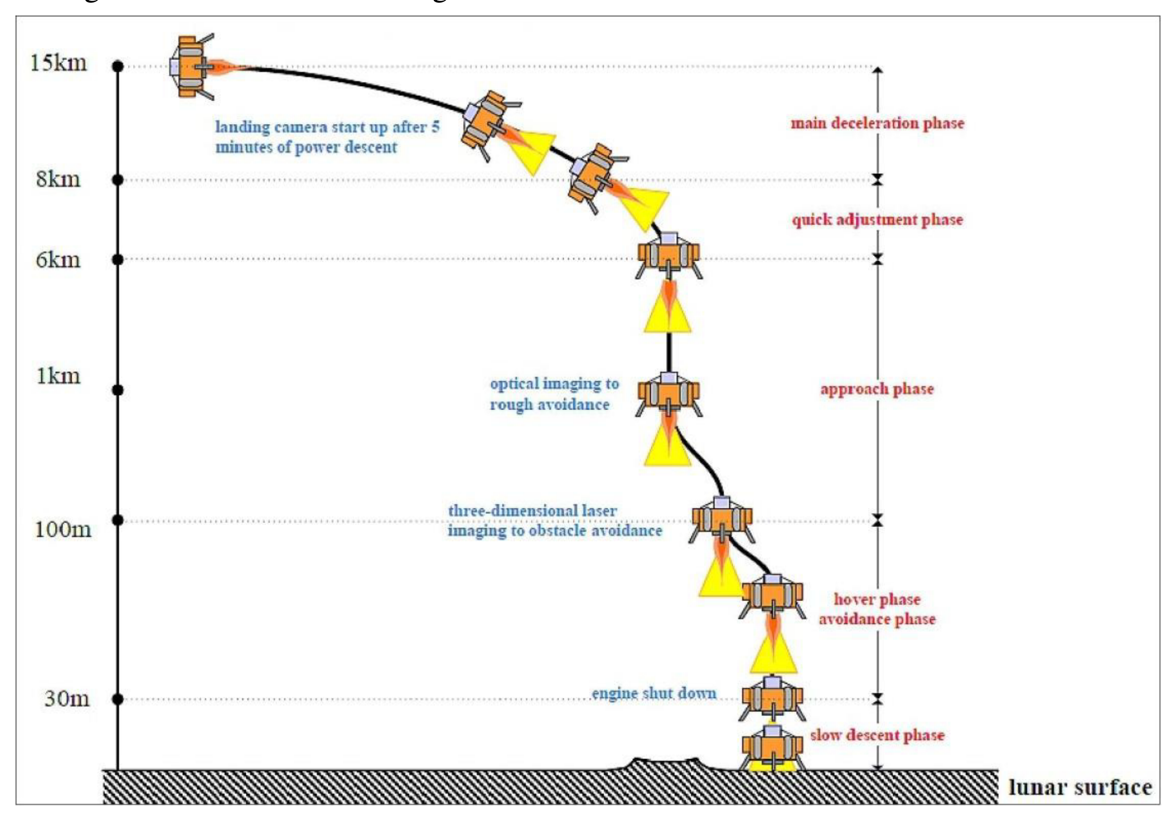
La misión Chang'e 4 fue lanzada el 7-12-2018 desde Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang, a bordo de un cohete CZ-3B; la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China, principal contratista del CLEP, anunció el éxito del lanzamiento tras la inyección translunar, las comunicaciones con la nave eran facilitadas por el satélite Queqiao lanzado en mayo e insertado en una órbita de halo en junio de 2018, entre 65000 y 85000 Km más allá de la Luna, teniendo una línea de visión constante entre Chang'e 4 y las estaciones terrestres ubicadas en Kashi y Jiamusi (China), Namibia y Argentina.

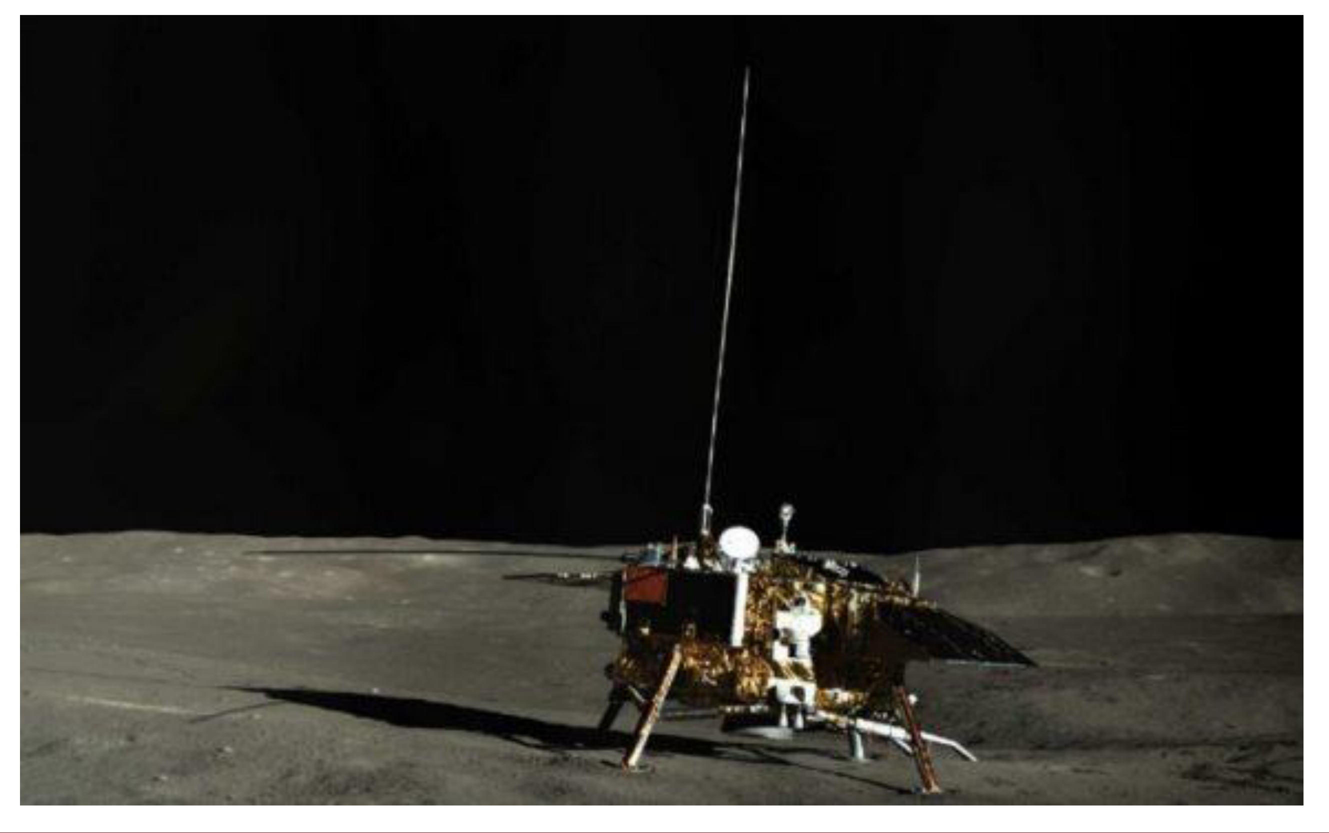






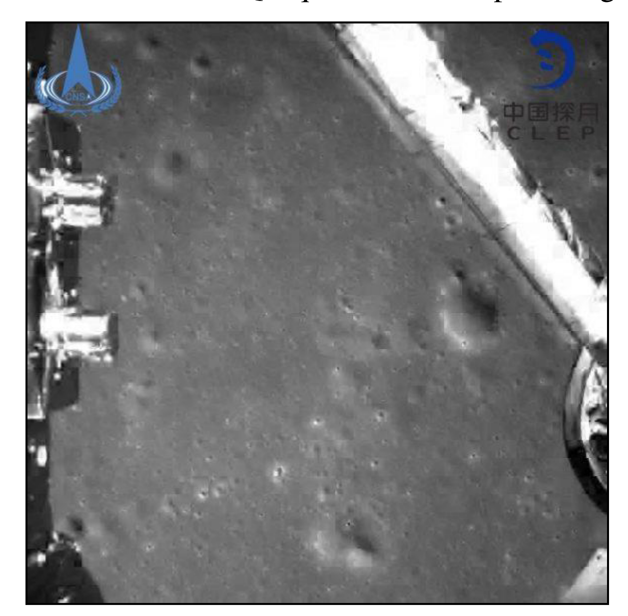
Durante la fase de descenso y después de la fase de desaceleración principal, la trayectoria de avance oblicuo cambiaba a una trayectoria vertical descendente, así orientación del rango era consistente con la ubicación del punto de alunizaje, para garantizar la exactitud de los resultados de navegación en altitud, se introdujo el sensor de alcance para modificar el algoritmo de filtrado de navegación.

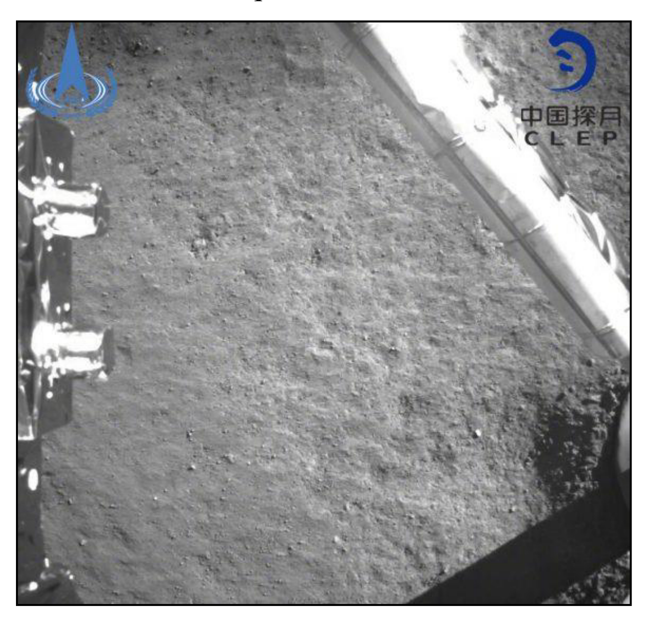


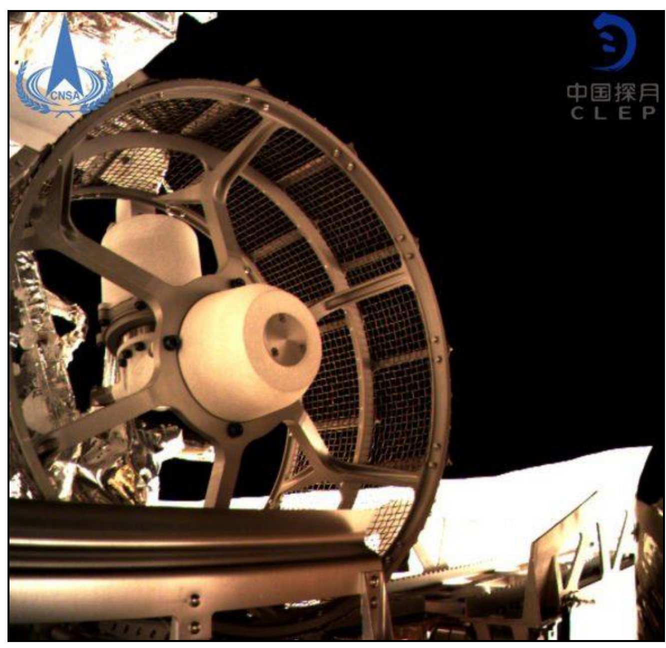


Eventos importantes de la misión

El centro de control ajusta la órbita de la sonda alrededor de la luna y prueba el enlace de comunicación entre la sonda y el satélite de retransmisión Queqiao, como el cohete puede enviar la sonda a la órbita precisamente como estaba planeado, el Centro de Control solo ajusta la órbita de la una vez y cancela dos recortes de órbita planificados previamente antes de la desaceleración cercana a la luna, la sonda realiza ajustes rápidos de posición cuando alcanza una altitud de 8 a 6 Km sobre la superficie lunar, luego, el descenso se detuvo por un tiempo a una altitud de aproximadamente 100 m, ya que la nave necesitaba detectar y analizar la inclinación, así como posibles obstáculos en el sitio de alunizaje preestablecido, para poder evitar peligros de forma autónoma, finalmente el 03-01-2019 la sonda lunar Chang'e-4, aluniza en el cráter Von Kármán en la cuenca Aitken (177,6º E - 45,5º S) y luego envió una imagen del sitio de alunizaje tomada por una de las cámaras del monitor del lander, donde se aprecia una superficie de Basalto (lo que explica lo oscuro del lugar) marcando la primera imagen del mundo tomada en el lado lejano de la Luna, el lander envía las primeras imágenes de la superficie junto a imágenes de su descenso a través del satélite de retransmisión del satélite Queqiao, 12 hrs después, el grupo del CLEP anuncia que el rover descendió del lander.

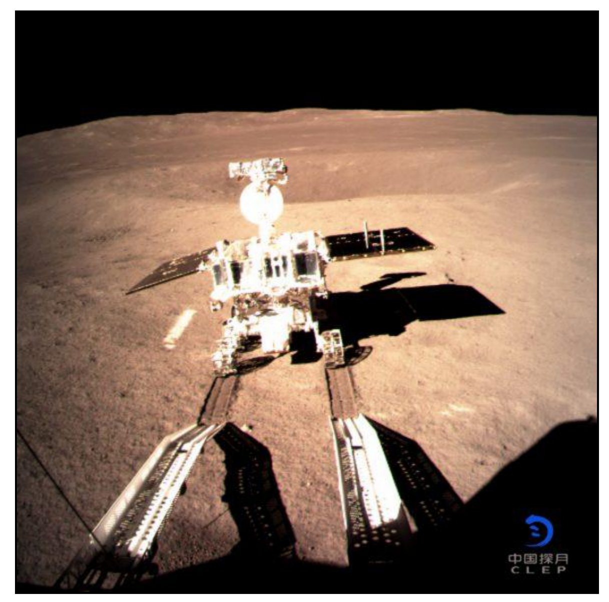


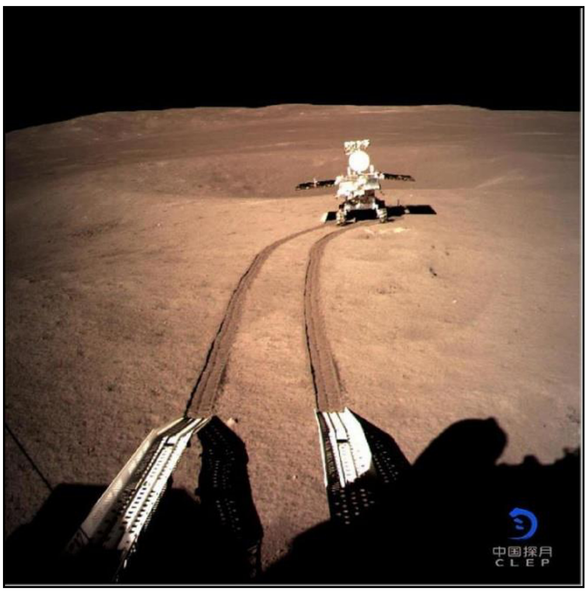


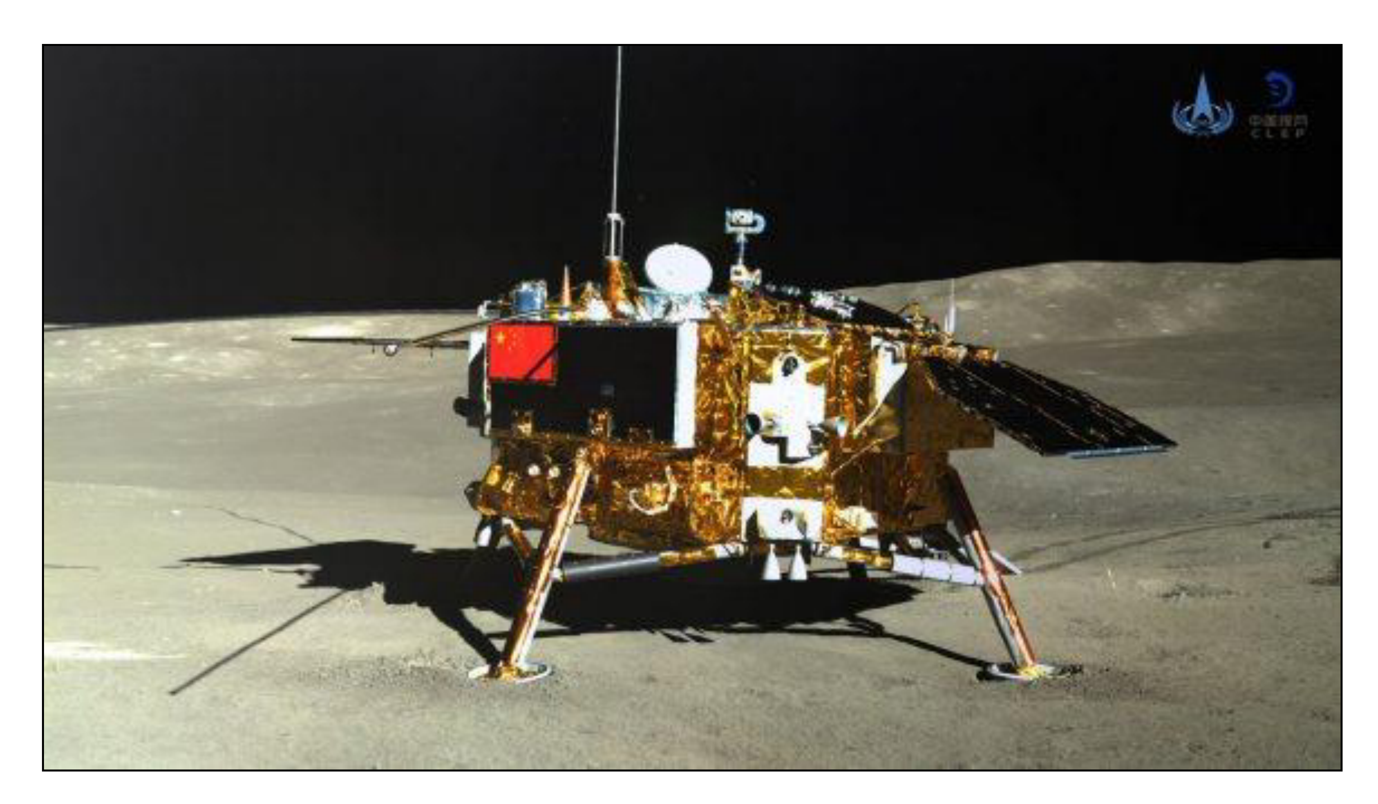


El 5-01-2019 los dispositivos científicos tanto del lander como del rover recopilan datos, las tres antenas de 5 m del espectrómetro de radio de baja frecuencia en el lander se han extendido por completo, el experimento LND se enciende para realizar pruebas, Control de Misión recibe imágenes geográficas y geomorfológicas del lado lejano de la luna; el rover (equipado con un enlace de transmisión de datos para retransmitir a través del satélite Queqiao) completa la percepción del entorno y la planificación de rutas y llega a la ubicación predeterminada A para realizar observaciones, el LPR y la PCAM del rover funciona sin problemas y otros dispositivos comienzan a funcionar según lo program, luego, cuando la radiación solar eleva la temperatura en la superficie lunar a más de 100 ºC queda en espera y vuelve a funcionar el 10-01, el 11-01-2019 el lander toma fotografías panorámicas de 360° de la superficie por una cámara instalada en la parte superior, los científicos realizan un análisis preliminar del terreno a los alrededores de la sonda de acuerdo con las imágenes panorámicas, de las imágenes enviadas, se puede observar que el área que rodea la sonda está salpicada de cráteres de diferentes tamaños, lo que hace difícil para el rover conducir en la región, para eso se busca encontrar las áreas relativamente seguras y hacer un plan razonable para la ruta del rover basado en las imágenes tomadas, el rover es capaz de sortear algunos obstáculos frente a él, puede detenerse y planificar una nueva ruta de forma autónoma,, también puede subir algunos desniveles, la información de telemetría y las imágenes tomadas por una cámara en la sonda muestran que la nave evitó efectivamente los obstáculos durante su descenso.

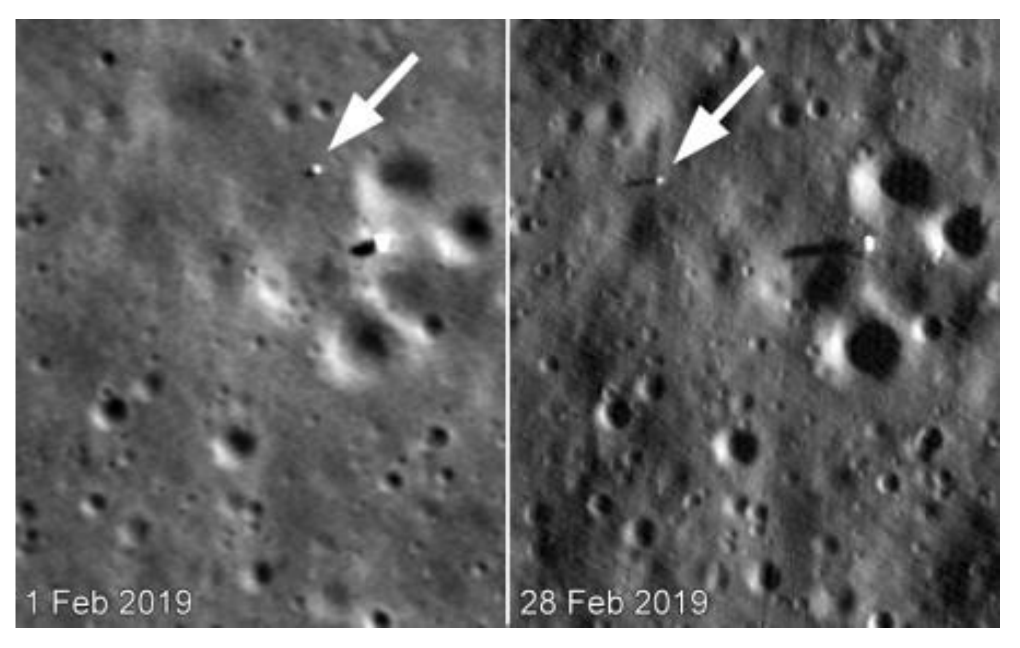








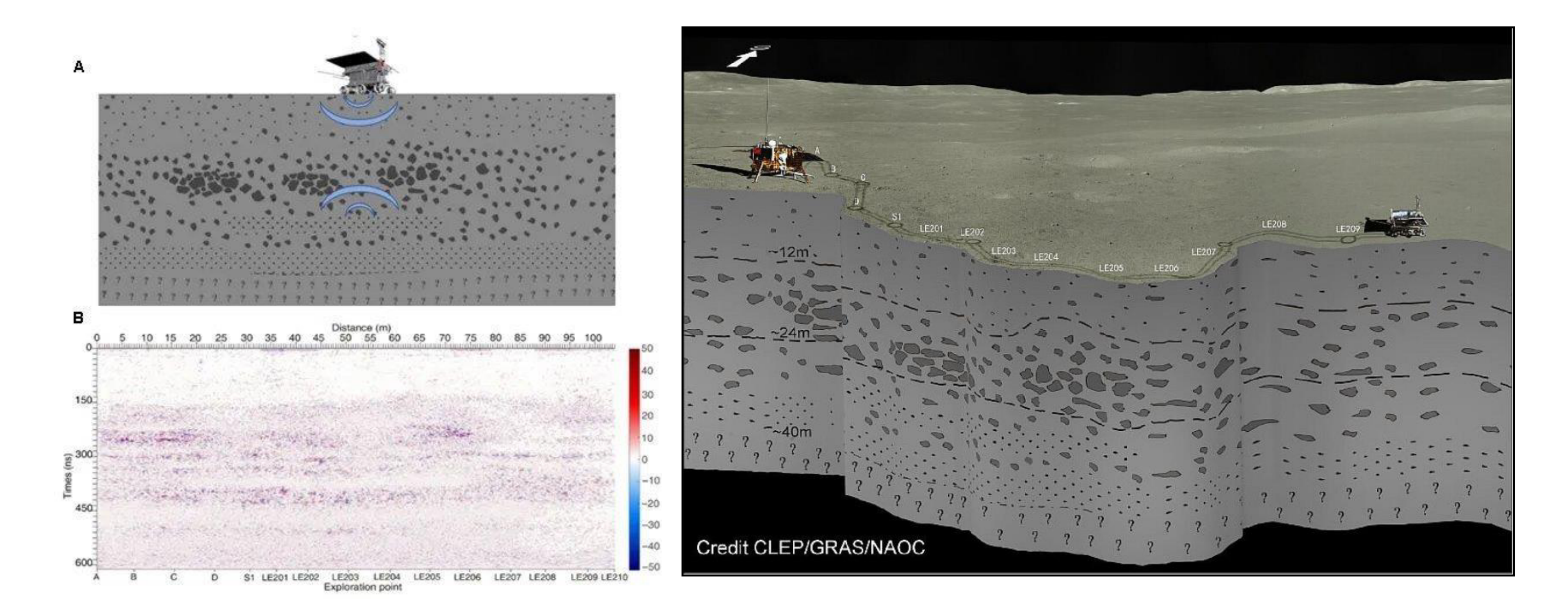
El 30-01-2019 la sonda LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) pudo fotografiar la Chang'e 4 posada en el cráter Von Kármán de la cara oculta de la Luna. La LRO no pasó sobre el lugar del alunizaje, sino a 330 Km más al E, por lo que tuvo que inclinarse 70º para hacer la fotografía; la NASA tiene prohibido cualquier tipo de colaboración con China en asuntos espaciales, así que tomar una imagen de este tipo requiere muchas negociaciones previas y una autorización específica del Congreso, a cambio de tomar la imagen, China acordó proporcionar datos sobre los tiempos de encendido del motor de la Chang'e 4 durante su descenso.



El lander, como el rover, se apagaban y se colocaban en modo de suspensión durante cada noche lunar (como resultado del efecto de bloqueo de las mareas, el ciclo de revolución lunar es el mismo que su ciclo de rotación, y el mismo lado lunar siempre mira hacia la Tierra, un día lunar equivale a 14 días terrestres y una noche lunar tiene la misma duración) debido a la falta de luz solar y al no poder generar suficiente electricidad para alimentar sus instrumentos y transmisor de radio, se enciende cada 14 días; el 03-02-2019 un experimento ve brotar la primera planta (algodón) en la Luna; el 01-04-2019 Chang'e 4 descubre que la temperatura de la superficie lunar descendió a -190 ºC (más fría de lo esperado) siendo la primera vez que los científicos chinos reciben datos de primera mano sobre las temperaturas en la superficie de la Luna durante la noche lunar (las temperaturas varían enormemente entre el día y la noche en la Luna) el lander también estaba equipado con una celda termoeléctrica isotópica (tecnología de generación termoeléctrica de isótopos para transformar el calor en energía utilizada por primera vez en una nave espacial china) y varios sensores para medir las temperaturas en la superficie de la lunar durante la noche.



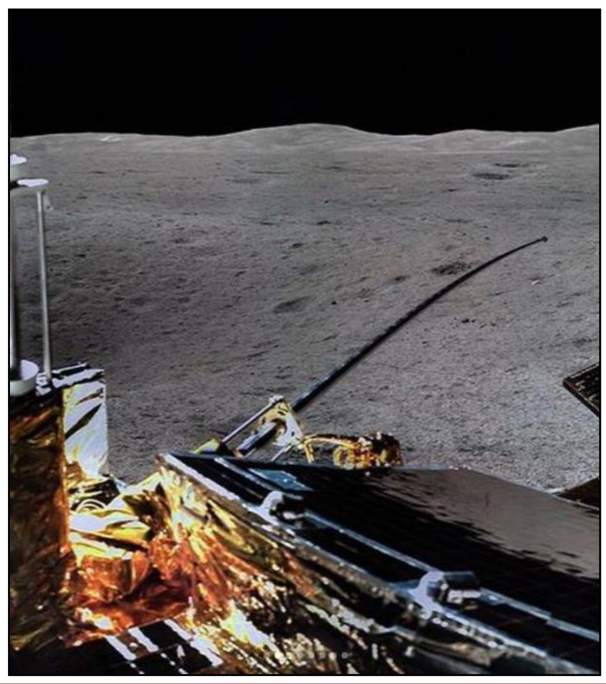
El 27-02-2020 Chang'e 4 continúa desvelando secretos del otro lado de la Luna, el subsuelo en el sitio de alunizaje es mucho más transparente a las ondas de radio, y esta observación cualitativa sugiere un contexto geológico totalmente diferente para los sitios de alunizaje de las naves Chang´e, el LPR para enviar señales de radio a las profundidades de la superficie, alcanzando una profundidad de 40 m por el canal de alta frecuencia de 500 MHz, (mayor profundidad que la alcanzada por la Chang´e 3) permiten a los investigadores desarrollar una imagen aproximada de la estratigrafía del subsuelo, que a pesar de la buena calidad de la imagen del radar a lo largo de la ruta del rover a una distancia de unos 106 m, la complejidad de la distribución espacial y la forma de las características del radar hacen que la identificación de las estructuras geológicas y los eventos que generaron tales características sea bastante difícil, los investigadores combinan la imagen de radar con datos tomográficos y análisis cuantitativo del subsuelo y llegan a la conclusión de que el subsuelo está formado esencialmente por materiales granulares altamente porosos que incorporan rocas de diferentes tamaño, los resultados de los datos de recopilados por el LPR durante los primeros 2 días de operación lunar proporcionan la primera imagen electromagnética de la estructura del subsuelo del lado lejano y la primera de la arquitectura estratigráfica de un depósito de eyecta, los resultados ilustran, de manera inédita, la distribución espacial de los diferentes productos que contribuyen a la secuencia de eyecta y sus características geométricas, este trabajo se lleva a cabo con colaboración del Laboratorio de Exploración del Espacio Lunar y Profundo (NAOC) la Universidad de la Academia de Ciencias de China, la Escuela de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Sun Yat-Sen, el Dto. de Matemática y Física de la Universidad Roma y el Instituto para el relevamiento Electromagnético del Ambiente (IREA-CNR) en Italia.



El rover descubre una brecha de derretimiento de impacto de color verde oscuro y brillante en un cráter durante su recorrido el 9-07-2020, los científicos identifican una sustancia similar a un gel de color verdoso oscuro y brillante, que mide 52x16 cm, indicando la presencia de vidrio de fusión por impacto o erupciones volcánicas, a través de un análisis de las imágenes y una comparación con las muestras de las misiones Apollo 15 y 17, encontrando que la sustancia era roca, y más específicamente, roca que probablemente se derritió por el impacto de un meteorito.

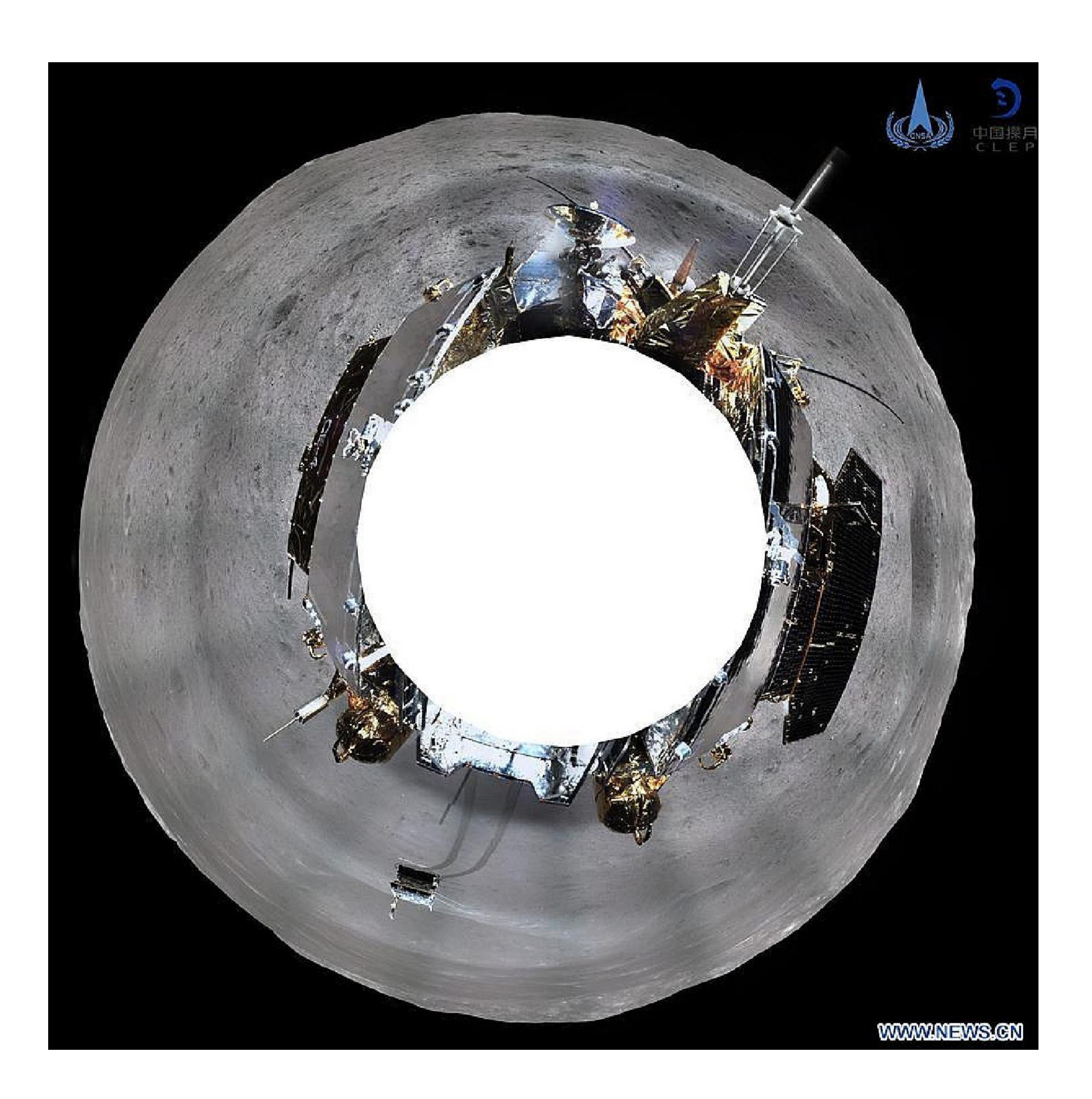
El 10-09-2020, con instrumentos científicos que incluyen un radar de penetración, el rover realiza una detección de las composiciones de los materiales de la superficie lunar y las estructuras del subsuelo, los científicos determinan el grosor del regolito y revelan las finas estructuras del subsuelo y la historia evolutiva del lugar de alunizaje de la sonda, el estudio revela que el área ha experimentado múltiples eventos de impacto y erupciones de magma basáltico, los resultados muestran que los materiales detectados provienen del cercano cráter de impacto Finsen en lugar del basalto que brotó del manto lunar y llenó el fondo del cráter Von Kármán, también se revela que el área experimentó múltiples eventos de impacto y erupciones de magma de basalto, siendo estos descubrimientos de gran importancia para comprender la historia evolutiva de la cuenca Aitken; para el 25-12-2020 Chang´e 4 terminando su trabajo para el día 25 lunar ha sobrevivido 719 días terrestres en el suelo lunar y el rover ha viajado 600,55 m.



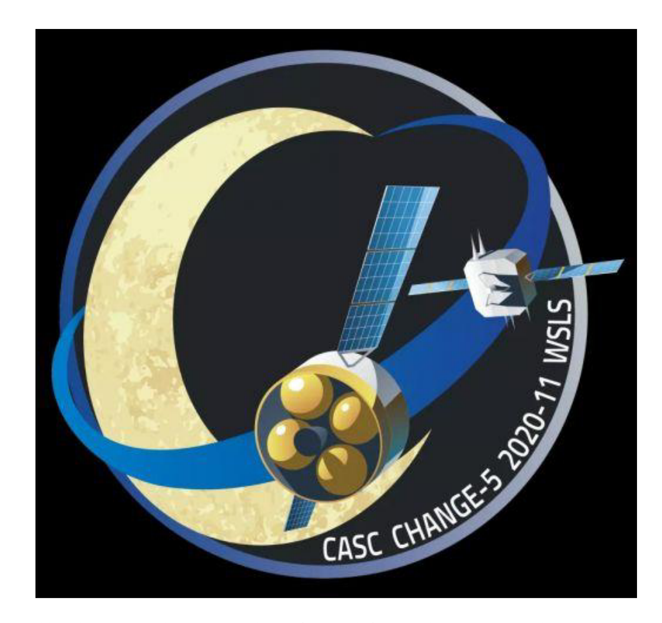






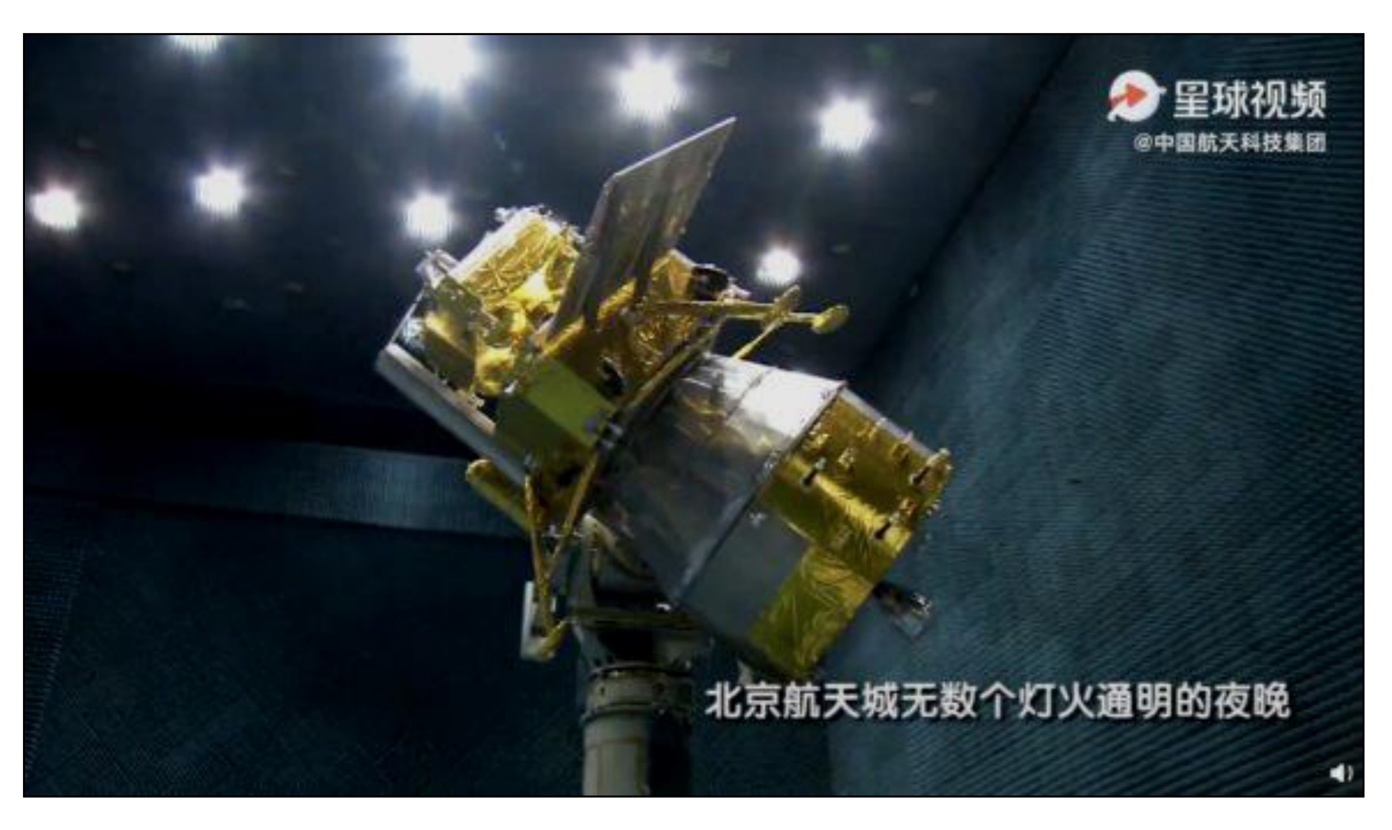

CNSA
中国探月
CLEP
WWW.NEWS.CN

Misión Chang´e 5



Chang'e-5, fue diseñada y desarrollada por la Academia China de Tecnología Espacial (CASC) constaba de cuatro módulos en órbita lunar, un Módulo de Servicio, un Vehículo de Retorno, el Lander y el Vehículo de Ascenso, la nave tenía un peso de lanzamiento de 8200 Kg, el módulo de servicio incluía todos los sistemas de apoyo al vehículo ensamblado en camino a la Luna, permanecer en órbita lunar durante un período prolongado de tiempo mientras las operaciones de superficie se llevaron a cabo, reunirse con el vehículo de ascenso en órbita y volver y reingresar a la Tierra, siendo la misión más importante de China hasta el momento del Programa CLEP.

Ascent Unit
Lander
Return Vehicle
Service Module




@航天见闻

Lander

Estructura idéntica al lander de la Misión Chang'e-3 con la excepción de los alojamientos del Vehículo de Ascenso y el equipo de muestreo de superficie (fotos) que no fueron probados por Chang'e-3, posee 4 patas de aterrizaje primarias utilizando un diseño de tipo voladizo con parachoques y elementos de amortiguación interiores en los puntales primarios y secundarios multifuncionales que interactúan con el panel inferior del lander, el sistema de propulsión también similar al utilizado por la Misión Chang'e-3 que consistía en un motor principal que podía realizar una única combustión continua durante el alunizaje, durante el vuelo orbital y la secuencia de alunizaje, el control de actitud era proporcionado por 28 propulsores, la energía era suministrada por dos paneles solares que podían abrirse y cerrarse, la navegación era proporcionada por una plataforma de guía inercial, un sistema de medición láser, un altímetro y una cámara óptica de descenso, llevó también una cámara panorámica, Radar de Penetración del Regolito Lunar (LRPR) y un Espectrómetro Mineralógico Lunar (LMS) visible e IR cercano.







Módulo de Servicio

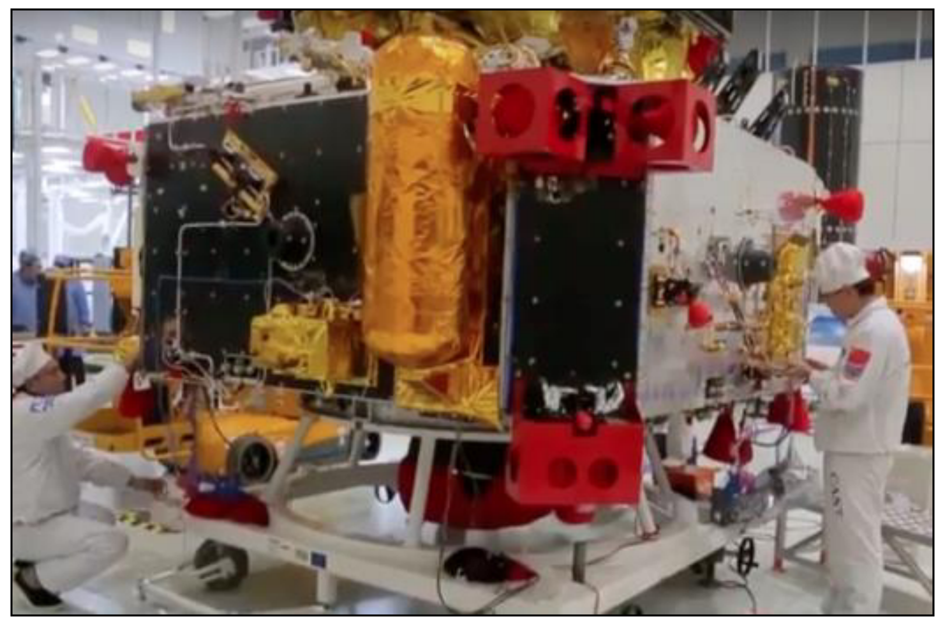
El Módulo de Servicio estaba equipado con paneles solares, sistemas de comunicación para el enlace ascendente de comando desde la Tierra y enlace descendente de telemetría, así como un sistema de propulsión y propulsores de control de actitud, el sistema de propulsión del Módulo de Servicio se utilizó para realizar maniobras de corrección de trayectoria hacia la Luna, la inserción en la órbita lunar, el mantenimiento orbital y la inyección trans-terrestre al final de la misión, también interactuaba directamente con el Vehículo de Retorno (instalado en una cavidad del Módulo de Servicio para reducir la longitud total del vehículo.



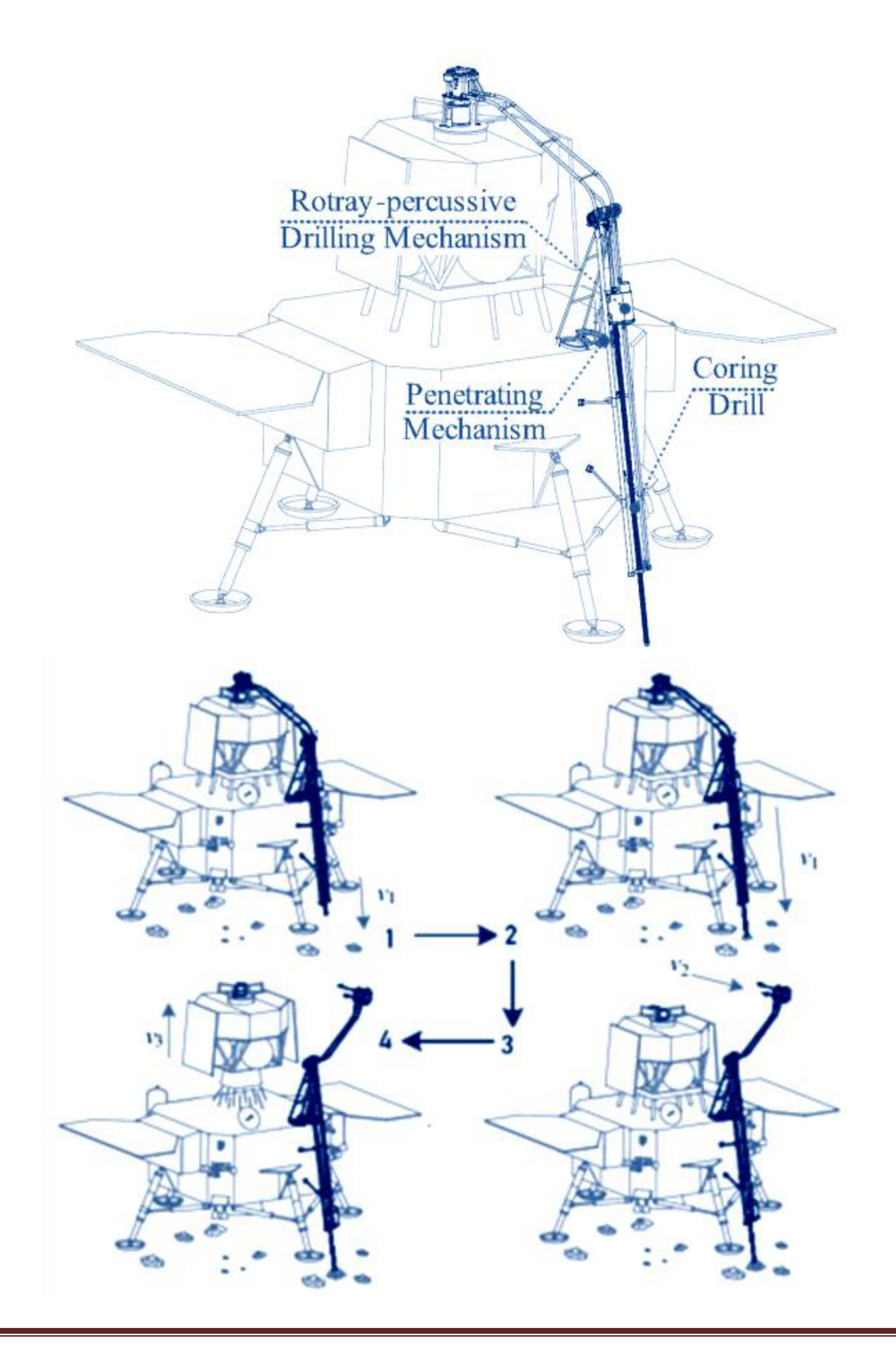
Vehículo de Ascenso

Ubicado en la cubierta superior del Lander utilizó accesorios estructurales para permanecer en su lugar durante el vuelo orbital, el alunizaje y la misión de superficie, una interfaz central desde el Lander hasta el Vehículo de Ascenso se adjuntaba en la parte superior mediante un brazo que facilitaba el mecanismo de transferencia de muestras y que se podía mover hacia un lado para despejar el camino para su correspondiente lanzamiento desde la plataforma superior del Lander; la interfaz utilizó un brazo robótico de 4° de libertad que tenía una pala y un sistema de procesamiento de muestras que utilizaba mecanismos de vibración y separación que aseguraban que se puedan adquirir varias muestras de forma individual sin entrar en contacto entre sí y luego fueron entregadas al Vehículo de Ascenso.

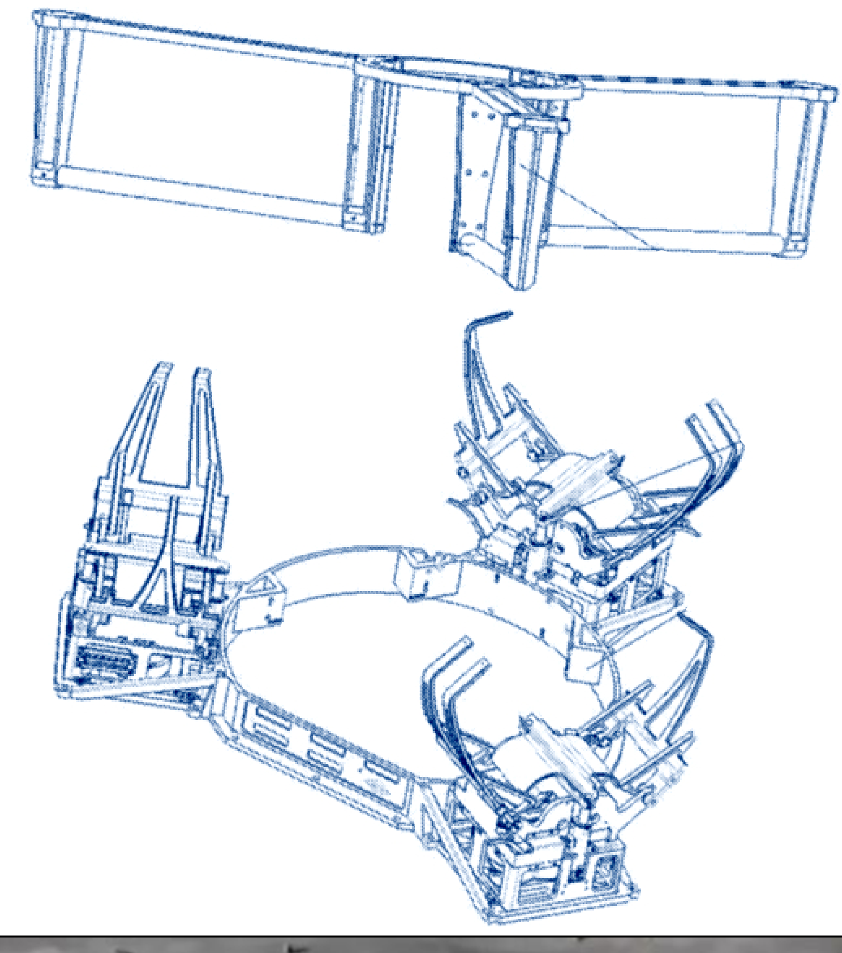
El lander llevó un taladro de perforación para adquirir muestras de perforación en forma de núcleo intacto hasta una profundidad de 2 m haciendo uso de un mecanismo de perforación rotatorio-percusivo (el núcleo de perforación era entregado al Vehículo de Ascenso dentro de un tubo de Kevlar que proporcionaba suficiente estabilidad para protegerlo y, al mismo tiempo, era lo suficientemente flexible como para compactarse en tamaño para ser transferido.






Rotray-percussive
Drilling Mechanism
Penetrating
Mechanism
Coring
Drill
1
2
3
4

El Vehículo de Ascenso llevó un sistema de propulsión principal construido alrededor de un motor principal central que se encendía para despegar llevando las muestras de regreso a la órbita lunar y acoplarse con el Módulo de Servicio, el acoplamiento se realizó mediante un mecanismo de tipo garra (espaciadas 120°) se cerraban cuando entraban en contacto con el lado pasivo del sistema, que incluía puntales para crear una unión firme entre el Vehículo de Ascenso y el Vehículo de Retorno, luego, las muestras se transfirieron al Vehículo de Retorno utilizando un sistema robótico de especificaciones actualmente desconocidas, una vez que se completadas las transferencias de muestras, la unidad de ascenso se separó para que el Módulo de Servicio pueda sacar el vehículo de la órbita y llevar el Vehículo de Retorno a la Tierra.

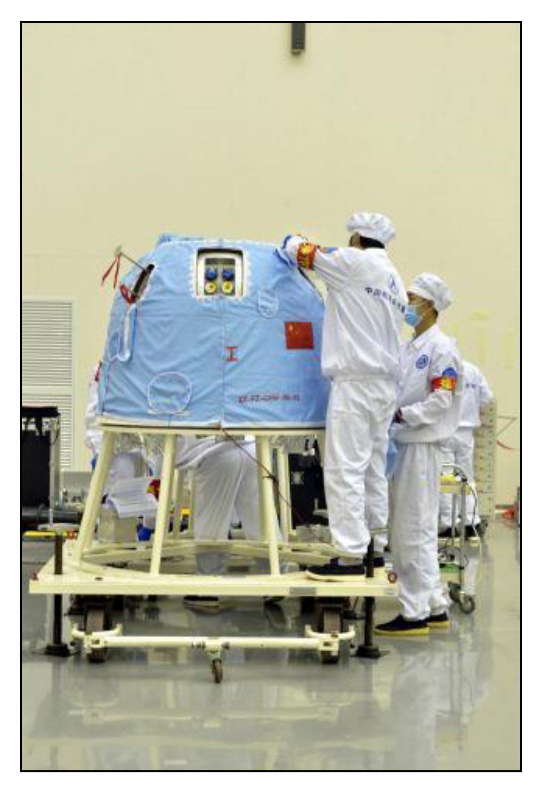




Vehículo de Retorno

De características similares a una cápsula Shenzhou en una versión reducida, estaba equipado con un escudo térmico modificado para poder resistir el reingreso a la atmósfera terrestre a velocidades de 11 Km/s (el aterrizaje se logra utilizando paracaídas que se despliegan durante el vuelo atmosférico) incluye un sistema de propulsión para controlar activamente su orientación antes de la reentrada y modificar su ruta de reentrada ajustando la elevación aerodinámica para apuntar a una zona de aterrizaje de tamaño razonable, los sistemas de medición a bordo y las balizas de comunicación para la ubicación del vehículo aterrizado.

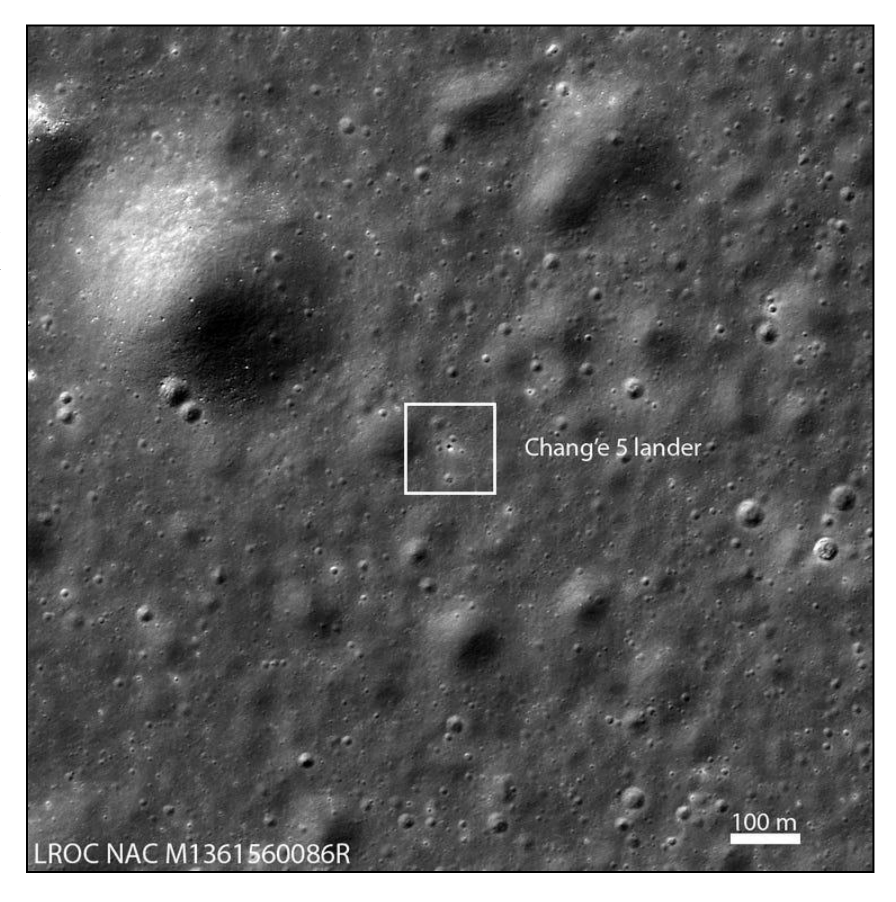


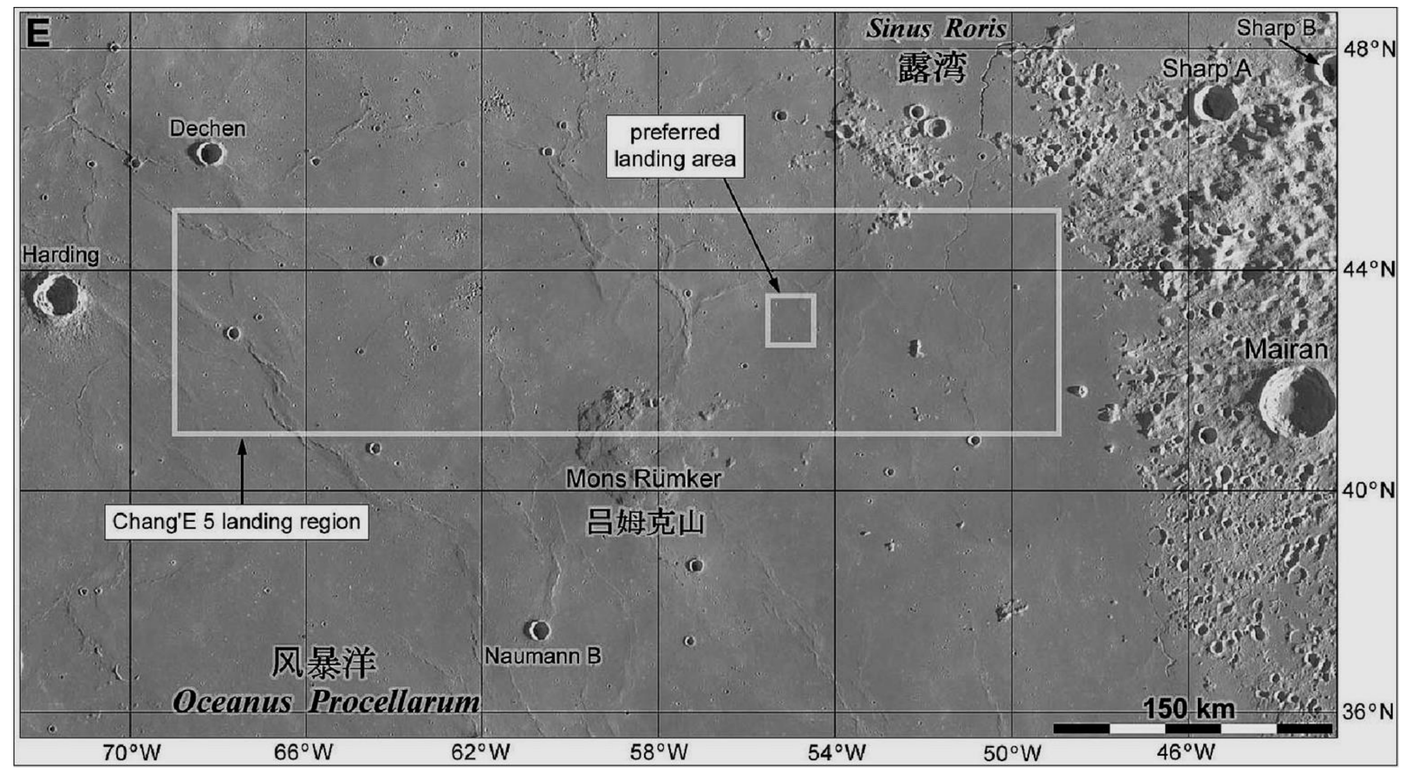




Sitio de alunizaje

Chang´e 5 alunizó cerca de Mons Rümker, (43,1º N, 51,8º O) en Oceanus Procellarum, zona situada al N-O de la cara visible de la Luna, aprovechando la arquitectura de la misión que permitía acceder a casi la totalidad de la superficie lunar.





Lanzamiento

El cohete fue transportado por barcos a un puerto en Wenchang a fines de septiembre y luego fue llevado en camiones especiales al centro de lanzamiento, el 17-11-2020 el cohete fue trasladado a su plataforma de lanzamiento en el Centro de Lanzamiento Espacial Wenchang en la provincia de Hainan y finalmente Chang'e 5 fue lanzada el 23-11-2020 a bordo del vehículo de carga pesada CZ-5, la nave Chang'e-5 había entrado con éxito en su órbita predeterminada y luego del despliegue de sus paneles solares comenzaba su viaje estimado en 112 hrs



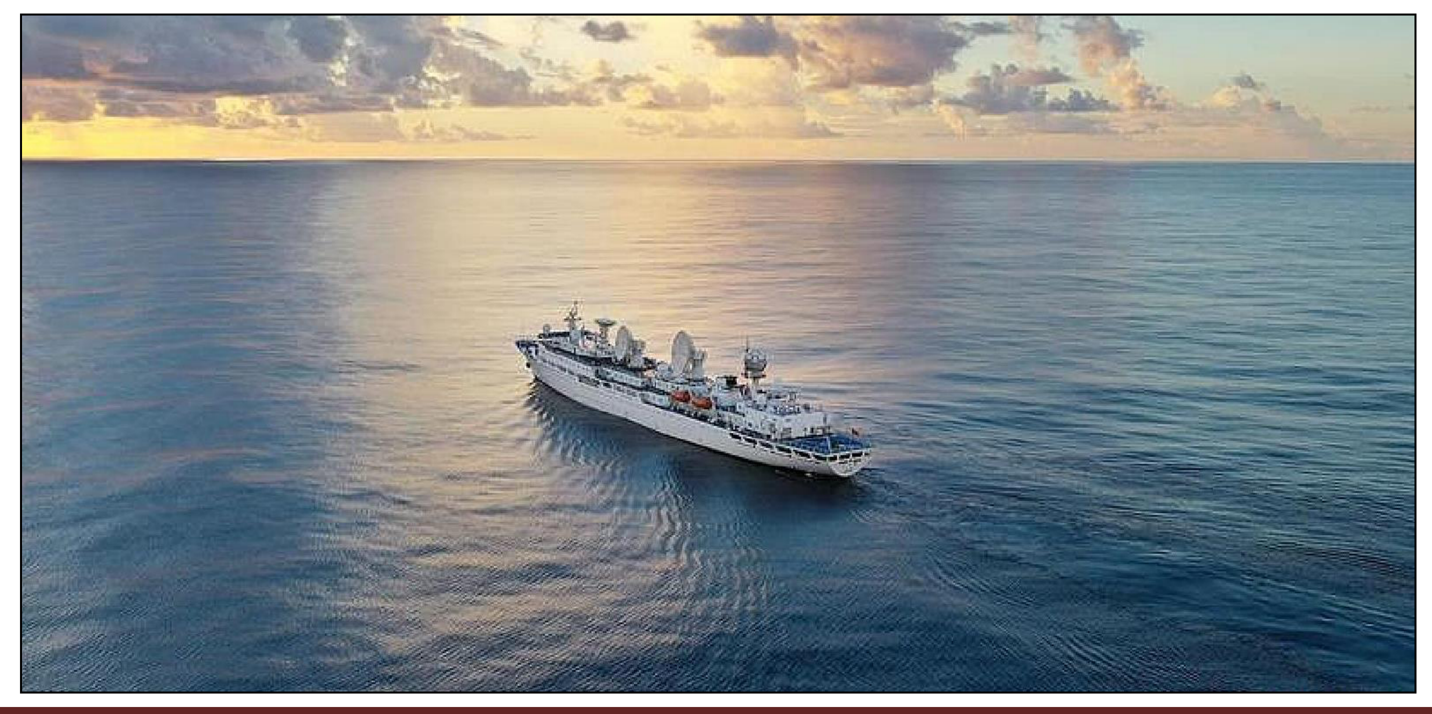


Seguimiento

Los Barcos de Seguimiento Espacial Yuanwang 3 Yuanwan 5 y Yuanwang 6 se encargaron principalmente de tareas de seguimiento y monitoreo marítimo de la nave Chang´e 5 desde el Mar de China.

La estación Kourou de la ESA, ubicada en la Guayana Francesa, rastreó la misión Chang'e-5, durante varias horas poco después de su lanzamiento, determinando exactamente dónde estaba la nave para establecer un enlace de comunicación y verificar su estado, enviaba los datos al Centro de Control Aeroespacial de Beijing.

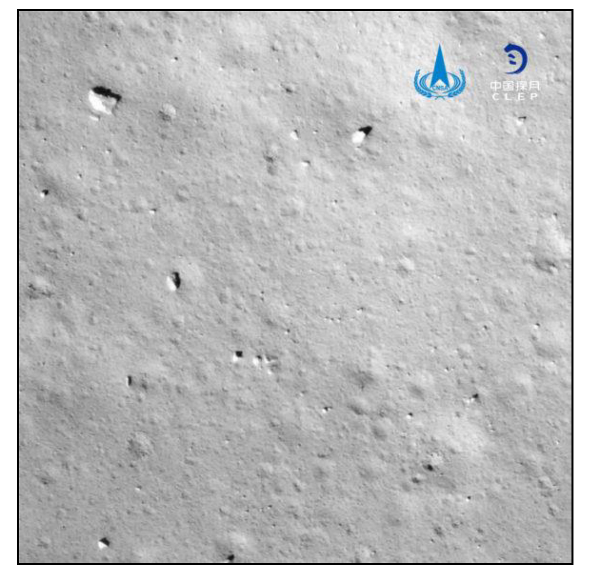




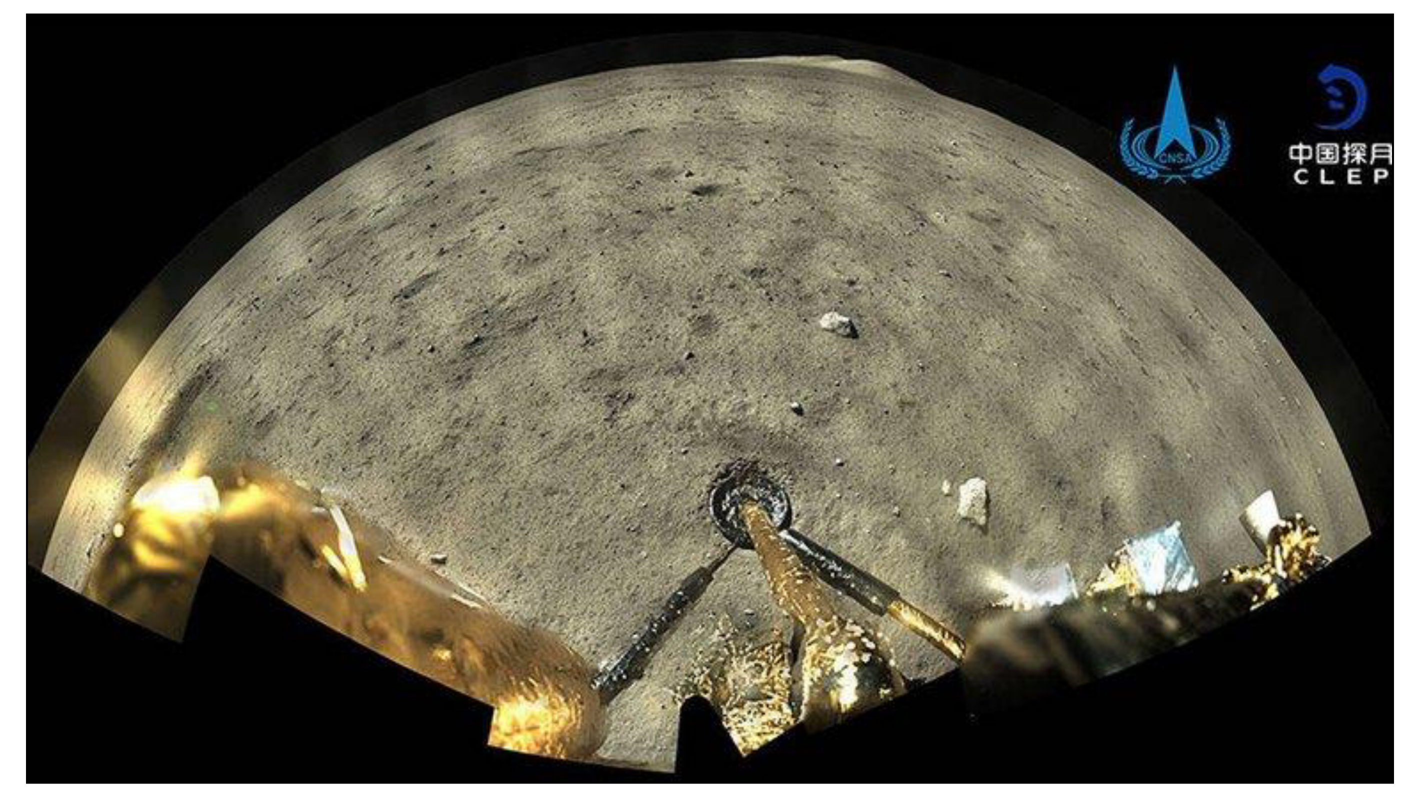
Eventos importantes de la misión

Una vez que la nave alcanzó la órbita lunar, los componentes se separaban en dos partes, el Módulo de Servicio y el Vehículo de Retorno permanecieron en la órbita mientras el Lander y el Vehículo de Ascenso descendieron hacia la superficie.

El 1-12-2020, el Lander alunizó, tomó fotografías de los alrededores del sitio de alunizaje y poco después, con el taladro situado en la etapa de descenso comenzó a perforar en busca de muestras a 2 m por debajo de la superficie, la operación de recolección terminó mucho antes de lo previsto, el 2-12, el lander también llevó una cámara visible e IR y un radar para analizar la zona de alunizaje y así determinar las características del terreno, y contaba con un brazo robótico para recoger muestras de las zonas más interesantes por si el taladro no funcionaba.

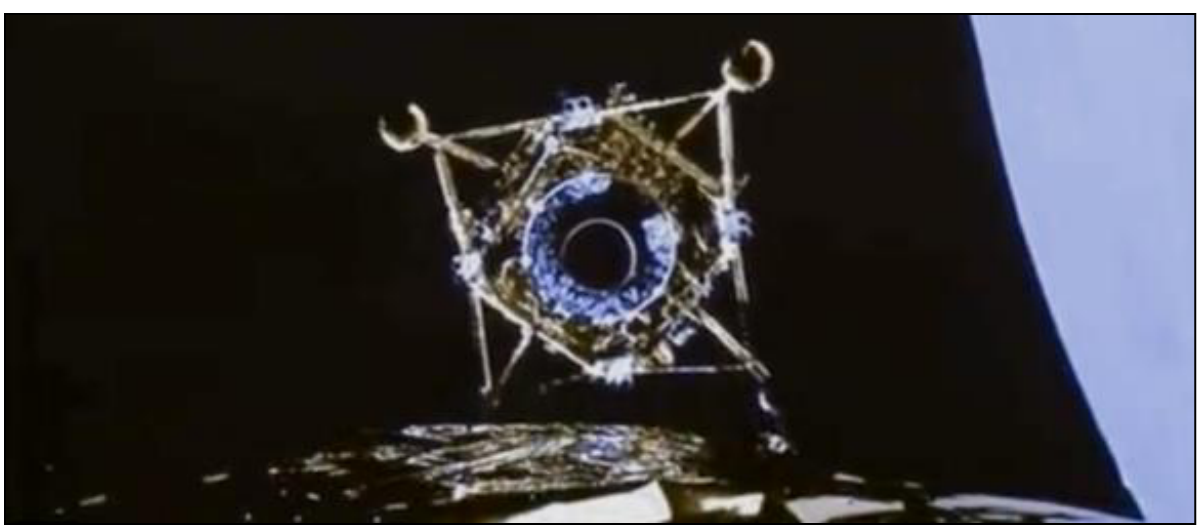




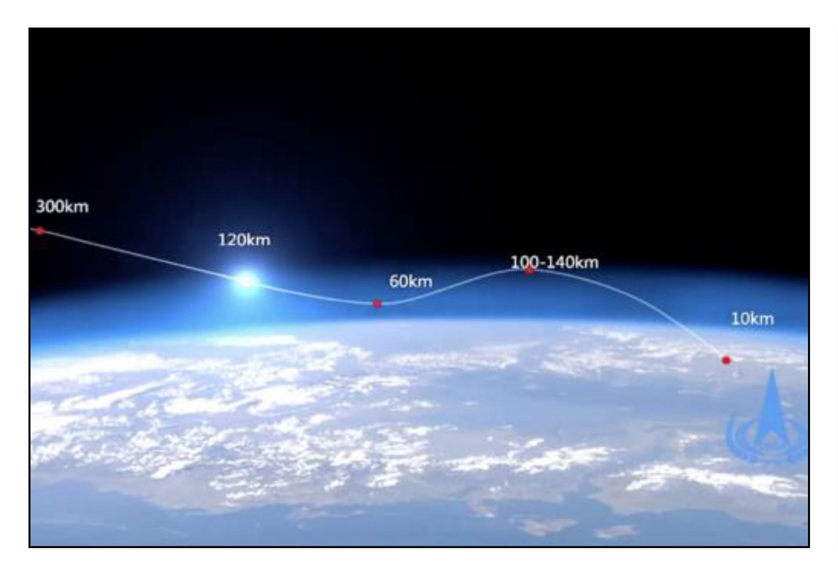




Las muestras se empaquetaron en un recipiente de vacío especialmente diseñado dentro del Vehículo de Ascenso para evitar la contaminación, el 3-12, el Vehículo de Ascenso se elevó a una órbita lunar y se conectó con la combinación Módulo de Servicio/Vehículo de Retorno el 6-12 y transfirió las muestras lunares, el Vehículo de Ascenso se separó más tarde, estrellándose contra el suelo lunar el 8-12 para evitar que se convirtiera en basura espacial.



Luego, el Módulo de Servicio encendió sus motores para abandonar la órbita lunar y poner rumbo a la Tierra (la maniobra constaba de dos encendidos, uno era para situar la nave en una órbita elíptica y otro para enviar la sonda en una trayectoria hacia la Tierra) y entró en una trayectoria de transferencia Luna-Tierra el 13-12.





El Vehículo de Retorno (cápsula) se separó del Módulo de Servicio a unos 5000 Km de la Tierra siguiendo un salto de reentrada, que implicaba rebotar en la atmósfera (maniobra probada por la misión Chang'e-5 T1 en 2014) luego de descender hasta los 60 Km de altura, volvió a subir por encima de los 100 Km mientras sobrevolaba el Himalaya para luego entrar otra vez en la atmósfera, a 10000 m de altura se desplegó su paracaídas de 50 m^2 y descendió suavemente el 16-12-2020 con 2 Kg de rocas lunares en Siziwang Banner, región autónoma de Mongolia Interior, poniendo fin a una misión, finalmente las muestras selladas se transfirieron a un laboratorio especialmente diseñado en la Academia de Ciencias de China y luego se distribuirán a los investigadores para su análisis, experimentos y pruebas.



Noticias

Contenidos astronómicos educativos

Debido a la pandemia mundial de COVID-19, la Sociedad Lunar Argentina (SLA) se ve imposibilitada de hacer observaciones públicas, como también charlas de manera presencial como se hicieron en el año 2019, por ese motivo creó un espacio de contenidos educativos audiovisuales relacionados a estudios lunares, cometas, Sistema Solar, astronáutica, medioambiente, entre otros, en un ciclo de charlas virtuales denominado "Astronomía en Cuarentena" a continuación los enlaces de los mismos para que los puedan disfrutar.

Ciclo "Astronomía en Cuarentena"

Luna

Paseo por la Luna Creciente https://www.youtube.com/watch?v=TNfw6CUSNBc

Observación lunar en directo https://www.youtube.com/watch?v=g71m43tjmKg

Fenómenos lunares transitorios https://www.youtube.com/watch?v=yPMU1OFPd8w

Telescopios

El telescopio, origen y construcción https://www.youtube.com/watch?v=o1iDofcNs6Y

Cometas

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=NPr_xj2a3oY

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=xihQ0ZWJ17w

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 3) https://www.youtube.com/watch?v=bNENP7xArkM

Aporte científico de la observación visual (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=WFys0yXaJ18

Aporte científico de la observación visual (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=ide1qWEn1Lg

Técnicas observacionales de cometas (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=9ZdF6RGgSuw

Técnicas observacionales de cometas (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=HXqiq-hHHlE

Medioambiente

Los efectos del cambio climático https://www.youtube.com/watch?v=ItyIWTPCPi8

Sistema Solar

Meteorología planetaria https://www.youtube.com/watch?v=pg7rMyoQtf8

Astronáutica

Argentina en el espacio… vía satélite - Nuevos programas tripulados de la NASA y privados

https://www.youtube.com/watch?v=GXT5pMci8r0



Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en



Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), Fuerza Aérea Argentina



Sección Astronáutica LIADA https://sites.google.com/site/seccionastronauticaliada/home

Cometaria https://cometasentrerios.blogspot.com

Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com/

Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com/

Aviacao em Floripa https://aviacaoemfloripa.blogspot.br *(Brasil)*

Archivo Histórico de Revistas Argentinas www.ahira.com.ar



Turismo Sideral https://turismo-sideral.com.ar

Estación Vientos del Sur http://vientosdelsurestacion.blogspot.com/

Sociedad Lunar Argentina https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina/

Fuentes de información y fotos vertidas en el contenido de esta publicación

China Academy of Space Technology (CNST)

China Central Television (CCTV)

China National Space Agency (CNSA)

China News

European Space Agency (ESA)

ESA Geoportal

Go Taikonauts, e-magazine, Issue 14, Jan 2015

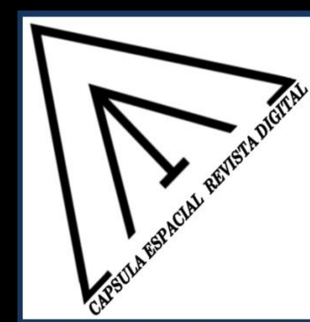
Marín Daniel, Naukas, Blog

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Spacechina.com







CAPSULA ESPACIAL

capsula-espacial.blogspot.com